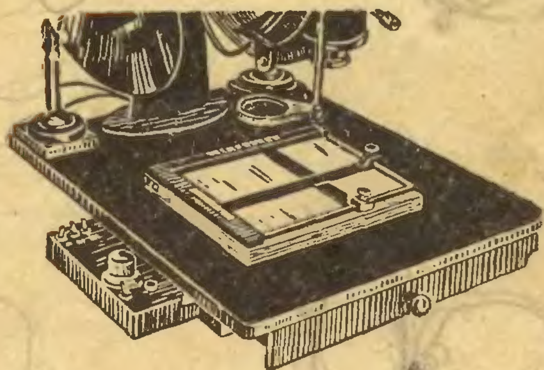
VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

Е. К. СОНИН

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ФОТОПЕЧАТИ





ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 348

Е К СОНИН

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ФОТОПЕЧАТИ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1959 ЛЕНИНГРАД

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
Берг А. И., Бурдейный Ф. И., Бурлянд В. А., Ванеев В. И., Геништа Е. Н., Джигит И. С., Канаева А. М., Кренкель Э. Т., Куликовский А. А., Смирнов А. Д., Тарасов Ф. И., Шамшур В. И.

В брошюре описаны принцип действия и конструкции электронных приборов, облегчающих работу фотолюбителей, в частности, при обработке цветных фотоматериалов.

Брошюра рассчитана на широкий круг радиолюбителей и фотолюбителей.

Сонин Евгений Константинович

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ФОТОПЕЧАТИ

Редактор *В. В. Енютин* Техн. редактор *П. М. Асанов*

Сдано в пр-во 4. VI. 1959 г. Подписано к печати 10/VIII 1959 г.
Формат бумаги $84 \times 108^1/_{32}$ 3,28 п. л. Уч-изд. л. 3,2.
Т-09311 Тираж 40 000 Цена 1 р. 30 к. Зак. 1154.

Набрано в тип. Госэнергоиздата, Москва, Шлюзовая наб., 10
Отпечатано в тип. Москва, ул. Фр. Энгельса, 46

ПРЕДИСЛОВИЕ

Кропотливая и трудоемкая работа, связанная с обработкой фотоматериалов, особенно цветных многослойных, может быть значительно облегчена с помощью электронных приборов. В брошюре описаны принцип действия и конструкции двух групп таких приборов. К первой группе относятся электронные реле времени, а ко второй — электронные экспонометры.

Электронные реле времени позволяют автоматически прекратить через заданный промежуток времени экспонирование фотобумаги при печати, сигнализируют об окончании времени проявления фотопленки, времени обработки цветной фотобумаги в различных растворах и т. п. Реле времени можно использовать при одновременной обработке нескольких цветных отпечатков в разных растворах. При этом прибор точно определит момент окончания заданного периода обработки для каждого отпечатка и подаст сигнал об этом.

Электронные экспонометры позволяют точно определить необходимую выдержку при печати. Эти приборы особенно эффективны при работе с цветными фотоматериалами, для которых определение выдержки требует затраты большого количества труда, времени и материалов. Совмещение электронного реле времени и экспонометра позволяет создать универсальный прибор, который дает возможность автоматизировать процесс фотопечати.

В брошюре наряду с литературными источниками использованы также материалы, предоставленные автору радиолюбителями М. С. Медведевым, Л. А. Полянским, В. А. Васильевым и другими товарищами.

Е. Сонин

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
Электронные реле времени 5
Электронные экспонометры 17
Простое реле времени 21
Реле времени со стабилизацией зарядного напряжения 24
Реле времени со звуковой индикацией окончания выдержки . . . 26
Ламповое реле времени для фотопечати 31
Реле времени с большим диапазоном выдержек 36
Упрощенное реле времени с большим диапазоном выдержек . . . 39
Экспонометр с неоновой лампой в качестве индикатора 41
Экспонометр с электронно-оптическим индикатором 43
Экспонометр с фотоумножителем 45
Экспонометр на транзисторах 46
Экспонометр с фотодиодом 49
Полуавтоматическое реле времени с транзисторами и газоразрядными приборами 51
Полуавтоматическое реле времени с установкой выдержки методом компенсации 54
Автоматическое реле времени, работающее на переменном токе . 58
Автоматическое реле времени с экспонометром, измеряющим освещенность ограниченного участка кадра 60
Заключение 62

ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

Времязадающая *RC*-цепь. Отсчет времени в большинстве электронных реле времени, применяемых в фотографии, основан на измерении длительности заряда или разряда конденсатора через последовательное сопротивление. При предельной простоте этот метод обеспечивает достаточную точность отсчета времени.

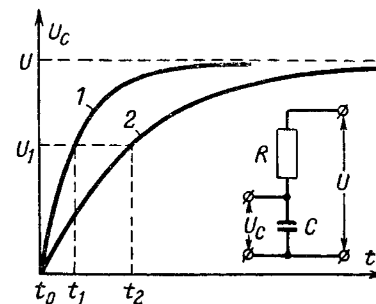


Рис 1. Характеристика заряда конденсатора

Цепь, состоящая из последовательно соединенных сопротивления R и конденсатора C (рис. 1), обладает интересным свойством. Если подключить ее к источнику постоянного напряжения, то напряжение на конденсаторе, в начальный момент равное нулю, начнет медленно увеличиваться. Скорость увеличения напряжения на конденсаторе зависит от напряжения источника питания U, величины сопротивления R и емкости конденсатора C. Зная эти величины, можно заранее рассчитать, через сколько времени после включения напряжение на конденсаторе достигнет некоторой заданной величины или, наоборот, по величине напряжения на конденсаторе можно судить о величине отрезка времени, прошедшего с момента включения. Таким образом, RC-цепь позволяет связать изменение времени с изменением напряжения на конденсаторе.

При включении источника питания напряжение на конденсаторе возрастает от нуля до значения U с переменной скоростью и может быть выражено формулой

$$U_C = U\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right),$$

где U_C — напряжение на конденсаторе;
U — напряжение источника питания;
t — время, прошедшее с момента включения;
R — сопротивление;
C — емкость конденсатора;
$e=2,7$ — основание натурального логарифма.

Рассматривая на рис. 1 кривую *1* заряда конденсатора, мы видим, что за промежуток времени с момента включения t_0 до t_1 напряжение на конденсаторе возрастает от нуля до некоторого значения U_1. Угол наклона начального участка кривой заряда определяется произведением емкости на сопротивление и до значений $U_C=0,6U$ изменяется сравнительно мало. Произведение RC является основной характеристикой цепи и называется **постоянной времени** τ, т. е.

$$\tau=RC.$$

При увеличении сопротивления R или емкости C постоянная времени цепи увеличивается, угол наклона начального участка кривой заряда уменьшается и напряжение на конденсаторе нарастает до того же значения U_1 уже за промежуток времени от t_0 до t_2 (кривая *2*).

Промежуток времени, необходимый для того, чтобы напряжение на конденсаторе изменилось от начального значения до некоторого заданного значения U_1, назовем выдержкой времени T. Зная напряжение источника U, выдержку времени можно определить по формуле

$$T=RC\ln\frac{U}{U-U_1}.$$

При разряде конденсатора, предварительно заряженного до напряжения U, выдержка времени

$$T=RC\ln\frac{U}{U_1}.$$

Из приведенных формул видно, что выдержка времени прямо пропорциональна постоянной времени зарядной цепи. Это свойство RC-цепи и используется при построении электронных реле времени. Фиксирование заданной величины напряжения на конденсаторе может производиться при помощи газоразрядной лампы, электронной лампы или полупроводникового прибора, способных в этот момент привести в действие исполнительный механизм, осуществляющий необходимые включения.

В качестве исполнительного механизма обычно применяется электромагнитное реле. Контакты реле используются для включения лампы фотоувеличителя, электрического звонка и т. п.

Реле времени с газоразрядным прибором. Наибольшей простотой в изготовлении и налаживании, дешевизной и экономичностью обладают, несомненно, реле времени, в которых фиксирование заданного значения напряжения осуществляется газоразрядным прибором: неоновой лампой, стабилитроном, газовым разрядником или безнакальным тиратроном. Существенным преимуществом таких устройств является отсутствие накала, что позволяет обойтись без накального трансформатора и тем самым значительно сократить размеры устройства и потребление им электроэнергии. Простота схемы и отсутствие громоздких деталей позволяют создать легкую и портативную конструкцию электронного реле времени с газоразрядными приборами.

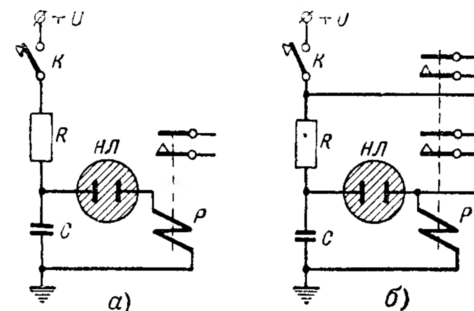


Рис. 2. Конденсаторное реле времени с газоразрядным прибором.
а — общая схема; *б* — схема с самоблокировкой реле.

Принципиальная схема реле времени с газоразрядным прибором изображена на рис. 2,*а*. Она состоит из RC-цепи, неоновой лампы *НЛ* и электромагнитного реле *Р*. При замыкании ключа *К* напряжение источника питания U прикладывается к RC-цепи. По мере заряда конденсатора C напряжение на нем увеличивается, достигая через промежуток времени T напряжения зажигания $U_з$ неоновой

лампы Выдержка времени для данного случая определяется по формуле

$$T = RC \ln \frac{U}{U - U_з}.$$

При напряжении на конденсаторе, равном $U_з$, в газоразрядном приборе начинается тлеющий разряд и проводимость прибора резко увеличивается. Заряд, накопленный конденсатором, начинает стекать через газоразрядный прибор и обмотку электромагнитного реле На промежуток времени, в течение которого в газоразрядном приборе происходит тлеющии разряд, контакты реле замыкаются, фиксируя полученную выдержку времени

В большинстве случаев бывает необходимо, чтобы обмотка реле оставалась под током и после прекращения тлеющего разряда Это достигается введением самоблокировки, при которой один из замыкающихся во время срабатывания реле контактов подключает обмотку непосредственно в цепь источника питания, как показано на рис 2,*б*.

Одним из недостатков рассматриваемых реле времени является сравнительно низкая стабильность напряжения зажигания газоразрядных приборов Как видно из рис 1, изменение фиксированного значения напряжения U_1, которое является фактически напряжением зажигания газоразрядного прибора, приводит к нестабильности выдержки времени Повышение стабильности может быть достигуто путем правильного выбора схемы и конструкции реле времени.

Другим недостатком является малый ток горения большинства газоразрядных приборов, а также небольшая разность напряжений зажигания и погасания этих приборов, что требует применения очень чувствительных электромагнитных реле Надежное срабатывание реле небольшой чувствительности достигается ценой значительного увеличения емкости зарядного конденсатора

Газоразрядные приборы. В табл 1 приведены основные параметры нескольких газоразрядных приборов, которые могут быть использованы в реле времени Как уже упоминалось, напряжение зажигания большинства газоразрядных приборов может изменяться в некоторых пределах. Изменение температуры, деиствие внешних полей и яркого света, а также старение прибора приводят к тому, что напряжение его зажигания изменяется на величину от долеи до единиц вольта Кроме того, все однотипные газоразрядные приборы, имеющие одинаковые паспортные данные, отличаются различными фактическими значениями напряжения зажигания Так, например, напряжение зажигания различных образцов неоновой лампы МН-3 может колебаться от 45 до 65 *в*, а для тиратрона с холодным катодом типа МТХ-90 разброс напряжений зажигания по поджигающему электроду лежит в пределах от 65 до 100 *в* при напряжении на аноде 150 *в* Нестабильность напряжения зажигания проявляется в ошибке выдержки времени и должна быть, по возможности, уменьшена

Таблица 1

Параметры газоразрядных приборов

Тип прибора	Наибольшее напряжение зажигания, *в*	Наибольший ток[1], *ма*	Срок службы *ч*
Неоновые лампы			
МН 3	65	1	300
МН 4	80	2	500
МН 6	90	0,8	100
МН 7	87	2	200
МН 8	85	1	200
МН 11	85	5	100
Стабилитроны			
СГ1П	180	30	
СГ2П	133	30	
СГ2С	105	40	
СГ3С	127	40	
СГ4С	180	30	
СГ5Б	180	10	
Тиратроны			
МТХ-90[2]	150	10	

[1] Подразумевается ток в течение длительного времени

[2] Данные соответствуют разомкнутому поджигающему электроду Наибольшее напряжение зажигания по поджигающему электроду [illegible]0 *в*

Вследствие того, что в газоразрядных приборах отсутствует накал, температура воздуха, окружающего прибор, близка к комнатной и испытывает лишь незначительные колебания Поэтому температурная нестабильность напряжения зажигания мала и в нашем случае ею можно пренебречь Действие внешних полей также можно не принимать во внимание, так как в условиях нормальной фотолаборатории сильных полей быть не может Однако влияние освещения на напряжение зажигания некоторых приборов, в частности, на напряжение зажигания по поджигающему электроду малогабаритного тиратрона МТХ-90, может привести к значительной ошибке отсчета времени, если реле времени используется в условиях различного освещения Ввиду этого необходимо газоразрядный прибор защищать светонепроницаемым кожухом

Разброс напряжений зажигания в однотипных газораз-

рядных приборах будет сказываться на работе реле времени лишь при замене вышедшего из строя прибора. Это создает необходимость дополнительной градуировки реле времени.

Особое положение среди газоразрядных приборов занимает малогабаритный тиратрон МТХ-90, отличающийся большим рабочим током и позволяющий регулировать напряжение зажигания. Схематический разрез этого тиратрона изображен на рис. 3,*а*. Здесь же (рис. 3,*б*) приведена характеристика зажигания тиратрона, позволяющая выбрать режим его работы. По вертикальной оси графика отложены значения напряжения зажигания по аноду тира-

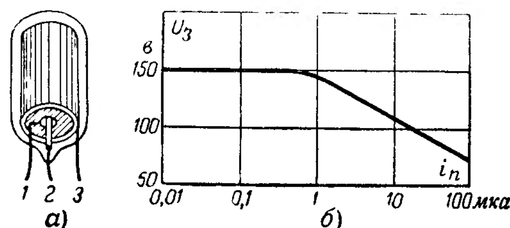


Рис. 3. Малогабаритный тиратрон МТХ-90.
а — конструкция (*1* — поджигающий электрод, *2* — анод, *3* — катод), *б* — характеристика зажигания.

трона, а по горизонтальной оси — величины тока через поджигающий электрод, определяющего значения напряжения зажигания.

Электромагнитные реле. Выбор электромагнитного реле определяется в первую очередь типом применяющегося газоразрядного прибора. Если в схеме используется неоновая лампа, рассчитанная на малый ток горения и небольшую разность между напряжением зажигания и погасания, то должно быть выбрано реле высокой чувствительности. Для работы с безнакальным тиратроном МТХ-90 может быть выбрано реле с рабочим током 10—15 *ма*. Наиболее пригодными для работы с газоразрядными приборами следует считать реле типов РП, 65П и ТРМ.

Основные параметры некоторых типов электромагнитных реле приведены в табл. 2.

Выбор элементов *RC*-цепи. От правильного выбора соотношения *R* и *C* зависит линейность зарядной характеристики при больших выдержках времени. На рис. 4 показаны кривые, отражающие зависимость выдержки времени простейшего реле времени на газоразрядном приборе с

Таблица 2

Параметры электромагнитных реле[1]

Тип реле	Число витков обмотки	Сопротивление обмотки, *ком*	Ток срабатывания, *ма*	Ток через контакты, *а*	Размеры, *мм*
РС-13	28 000	8	9	1	65×56×25
ОР-13-81	28 000	8	9	—	69×56×25
ОР-13-91	—	8	8	—	69×56×25
РС-52	26 000	6,5	—	—	50×17×61
РСМ-2	5 000	0,75	32	1	38×26×17
РМУ	20 000	5	8	—	40×26×24
РЭС-6	11 000	2,5	15	—	41×27×20
РПН	49 000	15	2	0,2	108×35×26
РП[2]	1 700×2	6×2	0,24	0,2	99×41×28
65П[2]	—	0,2 и 2,6	1	0,2	—
ТРМ[2]	2 300×2	0,25×2	1	—	118×62×30

[1] Таблица содержит данные, относящиеся к одной из групп реле каждого типа Более подробные таблицы параметров реле приведены, например, в журнале „Радио", № 6 за 1958 г

[2] Поляризованные двухобмоточные реле

напряжением зажигания 80 *в* от величины зарядного сопротивления. На рис. 4,*а* построены кривые выдержки при различных напряжениях источника питания *U* и емкости зарядного конденсатора *C* в 1 *мкф*. Кривые рис. 4,*б* получены для емкости 10 *мкф*. Как видно из рисунка, выдержка времени линейно зависит от величины сопротивления при малых значениях постоянной времени зарядной цепи. Линейная зависимость нарушается, когда постоянная време-

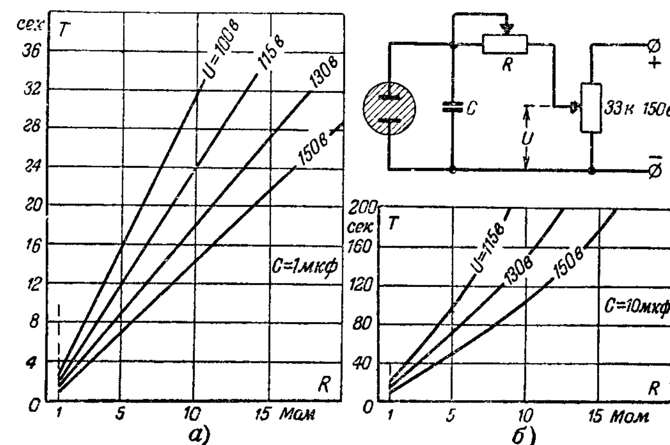


Рис. 4. Зависимость выдержки от параметров схемы.

ни превышает 100—120 *сек* Объясняется это тем, что при больших постоянных времени начинают сказываться утечки, присущие конденсаторам.

Если для получения больших выдержек времени увеличивать зарядное сопротивление *R* при небольшой емкости, то нарушение линейности характеристики начинается тогда, когда величина зарядного сопротивления становится одного порядка с сопротивлением утечки конденсатора Последнее обычно лежит в пределах 100—5 000 *Мом* Поэтому увеличение зарядного сопротивления свыше 10—20 *Мом* нежелательно.

С другой стороны, увеличение емкости зарядного конденсатора свыше 10 *мкф* приводит к уменьшению сопротивления утечки. Это естественно, так как при параллельном соединении двух конденсаторов с целью увеличения емкости их сопротивления утечки также соединяются параллельно и общее сопротивление уменьшается. Выбор в этом случае меньшего зарядного сопротивления также не дает увеличения линейности характеристики выдержек времени.

Итак, решающим фактором при выборе зарядного конденсатора является его сопротивление утечки. Большие сопротивления утечки имеют конденсаторы со специальным диэлектриком, например полистиролом, а также конденсаторы, рассчитанные на большие рабочие напряжения. Наименее пригодными для использования в зарядной цепи оказываются электролитические конденсаторы, сопротивление утечки которых обычно не превышает нескольких десятков мегом и изменяется во времени, а также под воздействием электрических и климатических факторов. Электролитические конденсаторы могут быть применены лишь в схемах, предназначенных для получения небольших выдержек времени (в пределах нескольких десятков секунд) с невысокой точностью.

Выдержка времени в сильной степени зависит от напряжения источника питания. при неизменной величине постоянной времени зарядной цепи выдержка времени обратно пропорциональна напряжению питания. Поэтому колебания питающего напряжения являются серьезным источником нестабильности выдержки времени. Например, уменьшение напряжения питания на 10% сопровождается увеличением выдержки времени приблизительно на 20% Часто такая большая ошибка в отсчете времени не может удовлетворить фотолюбителя

Повышение стабильности выдержки времени достигается обычно применением стабилитрона, что позволяет ослабить влияние колебаний сетевого напряжения в несколько десятков раз

Реле времени с электронной лампой. Нередко в качестве элемента, фиксирующего заданную величину напряжения на зарядном конденсаторе в схеме реле времени, используется электронная лампа Применение ее дает ряд преимуществ по сравнению с газоразрядным прибором, так как позволяет получить высокую стабильность параметров, большую четкость срабатывания и большие рабочие токи

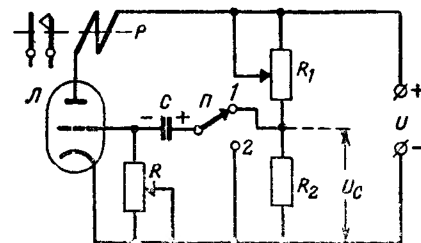


Рис 5 Общая схема лампового реле времени

К основным недостаткам применения электронной лампы в реле времени следует отнести увеличение потребляемой энергии (за счет накала лампы), повышение температуры внутри прибора, а также увеличение размеров и стоимости прибора (за счет лампы и трансформатора) Однако эти недостатки в ряде случаев полностью компенсируются возможностью получения очень больших выдержек времени и высокой точностью их отсчета

Принцип действия реле времени с электронной лампой аналогичен принципу действия реле времени с газоразрядным прибором Однако физические процессы, происходящие в газоразрядном приборе и электронной лампе, различны Если в первом случае происходит неуправляемый тлеющий разряд и величина тока в обмотке реле изменяется скачком, то во втором случае ток в обмотке реле, как правило, изменяется постепенно и в момент фиксирования принимает значение тока срабатывания или отпускания реле.

Схема простейшего реле времени с электронной лампой приведена на рис. 5. В положении *1* переключателя *П* конденсатор *С* заряжается до напряжения U_C, определяемого соотношением сопротивлений плеч делителя, образованного сопротивлениями R_1 и R_2:

$$U_C = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U.$$

Напряжение на сетке лампы близко к нулю, и через обмотку реле протекает анодный ток лампы при нулевом смещении. Если чувствительность реле достаточна, то якорь его притянут и положение контактов соответствует состоянию покоя. Если теперь переключатель *П* перебросить в положение *2*, то заряд, накопленный конденсатором, начнет стекать через сопротивление *R*, а к сетке лампы окажется приложенным полное напряжение на конденсаторе:

$$U_{\text{с}} = -\frac{R_2}{R_1 + R_2} U$$

Как видно из рис. 5, полярность этого напряжения такова, что лампа запирается Анодный ток лампы прекращается, якорь реле отпускается и начинается отсчет вы-

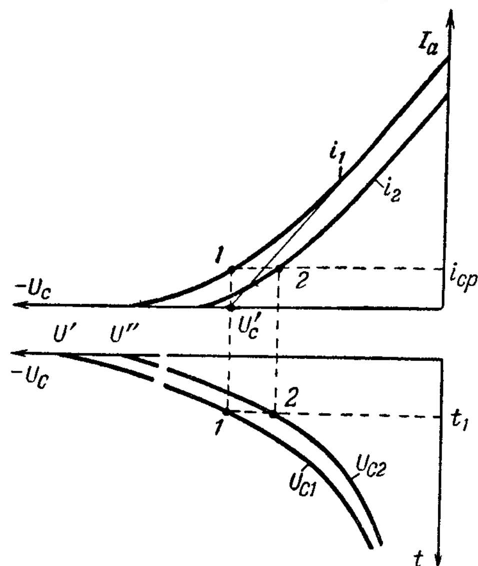


Рис. 6 Влияние изменения напряжения на характеристики лампового реле времени

держки времени. По мере разряда конденсатора через сопротивление *R* запирающее напряжение на сетке лампы уменьшается и в момент t_1 (рис. 6) достигает значения, при котором анодный ток лампы становится равным току срабатывания реле. Срабатывание реле фиксирует момент окончания выдержки.

На нижнем графике рис 6 показан характер изменения напряжения на сетке лампы, а соответствующие ему изменения анодного тока лампы описываются анодно-сеточными характеристиками лампы, изображенными на верхнем графике. Оба графика построены для двух значений напряжения питания.

Считают, что наилучшая стабильность имеет место в том случае, когда напряжение на сетке лампы, соответствующее току срабатывания реле, равно

$$U_{\text{с}}' = \frac{U_{\text{а}}}{\mu},$$

где $U_{\text{а}}$ — анодное напряжение;

μ — коэффициент усиления лампы.

Величина $U_{\text{с}}'$ характеризует напряжение запирания лампы при линейной аппроксимации анодно-сеточной характеристики. Пользуясь такой характеристикой лампы, можно определить желательное значение тока срабатывания реле или, имея реле, подобрать лампу с оптимальной характеристикой.

Особенностью лампового реле времени является то, что колебания напряжения питания схемы приводят к такому изменению анодно-сеточной характеристики лампы, при котором происходит частичная компенсация колебаний времени разряда конденсатора и, следовательно, выдержки, что видно из рис. 6 При напряжении питания U' кривая разряда U_{C1} конденсатора в момент t_1 проходит через точку *1*, соответствующую значению $U_{\text{с}}'$ напряжения смещения на сетке лампы, при котором анодный ток лампы i_1 равен току срабатывания реле $i_{\text{ср}}$. Если напряжение питания уменьшится до некоторого значения U'', то напряжение на сетке лампы будет изменяться в соответствии с кривой разряда U_{C2} конденсатора *C* и достигнет к моменту t_1 точки *2* Однако одновременно изменится и анодно-сеточная характеристика лампы и теперь точке *2* на кривой U_{C2} соответствует анодный ток $i_2 = i_{\text{ср}}$.

Таким образом, изменение времени разряда конденсатора при колебаниях питающего напряжения не приводит к изменению выдержки. И хотя в реальных условиях полная компенсация не может быть достигнута, описанная особенность электронной лампы все же способствует увеличению стабильности выдержки.

Катодно-следящая лампа. Обычно напряжение, при котором срабатывает исполнительный механизм реле времени, соответствует относительно линейной части кривой заряда конденсатора, лежащей ниже уровня 0,6 U. Увеличение напряжения срабатывания до уровня $0{,}8 \div 0{,}9$ U дало бы возможность получить значительно бóльшую выдержку времени при тех же величинах емкости и сопротивления в цепи заряда. Однако, как упоминалось выше, стабильность срабатывания реле времени резко падает с выходом напряжения срабатывания на верхний участок

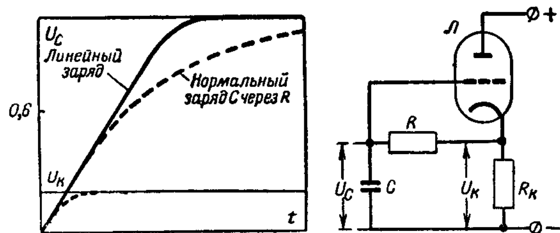


Рис. 7. Катодно-следящая лампа.

кривой заряда, характеризуемый весьма малыми скоростями изменения напряжения.

Использование в реле времени схемы так называемой катодно-следящей электронной лампы (рис. 7) позволяет получить практически линейную характеристику заряда конденсатора благодаря автоматическому изменению величины напряжения источника, питающего зарядный конденсатор.

При включении источника питания на катодном сопротивлении $R_к$ за счет анодного тока лампы развивается напряжение автоматического смещения $U_к$. Конденсатор C начинает заряжаться через сопротивление R со скоростью, определяемой величиной постоянной времени цепи RC. Напряжение на конденсаторе стремится к значению $U_к$. Однако по мере увеличения потенциала верхней пластины конденсатора (потенциал нижней пластины равен нулю) отрицательное напряжение между сеткой и катодом лампы начинает уменьшаться, анодный ток лампы возрастает и за счет него увеличивается падение напряжения на сопротивлении R. Таким образом, рост потенциала верхней пластины конденсатора сопровождается ростом напряжения на катоде лампы, к которому стремится

этот потенциал. Напряжение на катоде лампы, являющееся напряжением питания конденсатора, как бы непрерывно следит за напряжением, до которого зарядился конденсатор, и повторяет его. Благодаря этому характеристика заряда конденсатора остается линейной до значений $U_C = 0{,}9U$, что позволяет увеличить диапазон выдержек времени в 1,5 раза без ухудшения точности работы.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЭКСПОНОМЕТРЫ

Для получения высококачественного изображения как на негативном, так и на позитивном фотоматериале необходимо точное знание экспозиции, т. е. количества освещения, воздействующего на фотоматериал. Так как экспозиция равна произведению освещенности светочувствительного слоя на время выдержки, а освещенность в большинстве случаев имеет определенную величину, то задача сводится к нахождению выдержки времени при съемке или фотопечати. Особенно большое значение приобретает вопрос правильного определения выдержки при работе с цветными фотоматериалами, а также при съемке на обратимую кинопленку, так как корректирование изображения на ней в процессе обработки затруднительно.

Определение освещенности на глаз, практикуемое часто фотолюбителями, не позволяет объективно оценить освещенность из-за способности глаза к адаптации. В этом случае на помощь фотолюбителю приходит электроника. Объективное определение освещенности производится путем измерения величины тока в цепи светочувствительного элемента, а установка экспозиции — путем преобразования изменений тока в изменения выдержки времени с учетом особенностей применяемого фотографического материала.

Фотоэлементы. Между световым потоком F, падающим на светочувствительную поверхность вакуумного фотоэлемента, и током $i_ф$ в цепи фотоэлемента существует зависимость $i_ф = \gamma F$, позволяющая проградуировать гальванометр, включенный в цепь фотоэлемента, в единицах освещенности. Последняя есть не что иное, как поверхностная плотность светового потока

$$L = \frac{F}{S},$$

где γ — интегральная чувствительность фотоэлемента, *мка/лм*;

F — световой поток, падающий на светочувствительную поверхность, *лм*;
S — рабочая площадь, *см*²;
L — освещенность, *лк*.

Характеристика, определяющая зависимость фототока от светового потока (или освещенности), называется световой характеристикой. Световые характеристики вакуумных фотоэлементов имеют линейный характер до сравнительно больших значений светового потока. У полупроводниковых фотоэлементов линейность световых характеристик сохраняется лишь при относительно небольших значениях светового потока при условии низкоомной нагрузки $R_н$. В качестве примера на рис. 8 приведены световые характеристики селенового фотоэлемента.

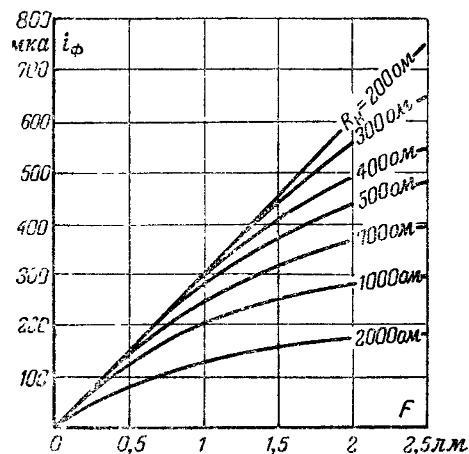


Рис. 8. Световые характеристики селенового фотоэлемента.

Второй важной для применения в экспонометрах характеристикой фотоэлементов является их спектральная характеристика. Дело в том, что спектральная чувствительность фотографических эмульсий в основном соответствует спектральной чувствительности глаза. При замене глаза объективным элементом, каковым может считаться фотоэлемент, его спектральные характеристики должны полностью совпадать с подобными характеристиками глаза. В качестве критерия при сравнении спектральных характеристик различных фотоэлементов выберем диапазон длин волн, в пределах которого чувствительность фотоэлемента превышает уровень 0,7. Как видно из рис. 9, наибольшее совпадение спектральных характеристик с характеристикой глаза наблюдается у сурьмяно-цезиевых вакуумных фотоэлементов типа СЦВ, а также у селеновых фотоэлементов. Параметры указанных фотоэлементов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры фотоэлементов

Тип прибора	Интегральная чувствительность, *мка/лм*	Рабочая площадь, *см*²	Рабочее напряжение, *в*	Примечание
СЦВ-3	>80	—	240	Сурьмяно-цезиевый вакуумный
СЦВ-4	>80	—	240	
СЦВ-51	>80	—	240	То же
ФЭУ-1	<400	—	220	Однокаскадный сурьмяно-цезиевый фотоумножитель
ФЭУ-2	<400	—	220	
К-5	—	5	—	Селеновый вентильный
К-10	—	10	—	То же
К-20	250—500	20	—	То же

Необходимо отметить еще одну особенность вакуумных фотоэлементов, представляющую значительный интерес в нашем случае. В отличие от газонаполненных фотоэлементов в вакуумных фотоэлементах величина фототока не зависит от напряжения, приложенного к фотоэлементу, если это напряжение превышает некоторую величину (обычно 60—70 *в*). Фототок зависит лишь от величины светового потока, падающего на фотоэлемент, и от чувствительности последнего. Поэтому колебания питающего напряжения не вносят ошибки при измерении фототока.

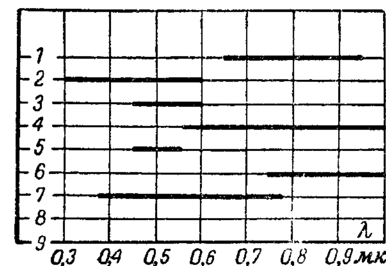


Рис. 9. Характеристики спектральной чувствительности фотоэлементов.

1 — кислородно-цезиевого; *2* — сурьмяно-цезиевого; *3* — селенового. *4* — сернисто-серебряного, *5* — медно-закисного *6* — серно-таллиевого; *7* — видимый глазом спектр

Высокая чувствительность, небольшие размеры и возможность работать без источника питания выгодно отличают полупроводнико-

3*

вые фотоэлементы от вакуумных и газонаполненных Однако для сохранения линейности световой характеристики при относительно больших значениях светового потока они должны работать только на низкоомную нагрузку Удачным решением этого вопроса является сочетание вентильного фотоэлемента с усилителем постоянного тока на транзисторах Как известно, усилитель на транзисторах может иметь входное сопротивление, исчисляемое десятками или сотнями ом, что нередко создает дополнительные затруднения при согласовании В схеме же электронного экспонометра это свойство усилителя позволяет значительно расширить диапазон измерения освещенностей

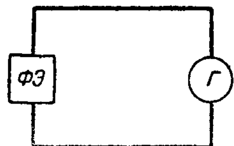


Рис. 10 Общая схема экспонометра

Простейшая схема электронного экспонометра приведена на рис. 10. Селеновый фотоэлемент ФЭ соединен непосредственно с обмоткой гальванометра *Г* Световой поток, падающий на рабочую поверхность фотоэлемента, создает в цепи ток, величина которого пропорциональна световому потоку Следовательно, по отклонению стрелки гальванометра можно судить о необходимой выдержке

Вследствие относительно низкой чувствительности такого экспонометра он не может быть использован непосредственно при работах с фотобумагой В этом случае экспонометр практически измеряет оптическую плотность негатива и световой поток проходящий через негативное изображение, обычно мал Для повышения чувствительности экспонометра используются усилительные свойства электронных ламп или транзисторов При работе с высокоомными вакуумными фотоэлементами хорошие результаты дают электронные усилительные лампы, в то время как полупроводниковые фотоэлементы, требующие низкоомных нагрузок, хорошо согласуются с транзисторами.

Методика определения выдержки при печати. Остановимся кратко на особенностях определения выдержки при печати, обусловленных неравномерной плотностью негативного изображения в кадре При измерении освещенности различных участков негативного изображения экспонометр, очевидно даст различные показания Как же в этом случае определить необходимую выдержку?

Одним из методов определения выдержки является измерение интегральной, т е общей, освещенности кадра

При этом все негативное изображение проектируется на светочувствительную поверхность фотоэлемента и по величине фототока определяется выдержка.

Однако измерение интегральной освещенности позволяет лишь приближенно судить о необходимой выдержке, так как в этом случае не учитываются сюжет снимка, контрастность негативного изображения, соотношение светлых и темных площадей и т д. Например, если большую часть кадра занимает яркое небо с облаками, то интегральная освещенность негативного кадра будет мала и расчет покажет необходимость большой выдержки На карточке же получатся хорошо проработанное небо с облаками и сильно передержанная земля.

Значительно точнее позволяет определить выдержку времени измерение освещенности небольшого участка кадра в наиболее прозрачной сюжетно важной его части. Действительно, если проградуировать прибор так, что выдержка времени, определенная по наиболее прозрачной части изображения, позволит получить полное почернение позитива на этом участке, то остальная часть кадра будет экспонирована меньше из-за большой плотности негатива. Такой метод определения выдержки позволяет получить достаточно хорошие результаты.

Для более точного учета контрастности негатива и соотношения светлых и темных площадей можно объединить оба описанных способа определения выдержки. Выдержка рассчитывается по освещенности наиболее светлой части кадра, а на основании измерения интегральной освещенности вносится поправка, учитывающая указанные два фактора

ПРОСТОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

Для зажигания лампы фотоувеличителя на промежуток времени от 0,5 до 60 *сек* может быть использовано простейшее реле времени, схема которого приведена на рис. 11.

Для начала экспонирования фотобумаги переключатель $П_1$ должен быть установлен в положение *2*. При этом замыкается цепь питания лампы фотоувеличителя (через нормально замкнутые контакты *3* и *4* реле *Р*) и разрывается цепь разряда конденсатора C_1 через сопротивление R_3 Конденсатор C_1 начнет заряжаться через сопротивления R_4 и R_2 Когда напряжение на конденсаторе достигнет значения напряжения зажигания неоновой

лампы МН-3, возникнет тлеющий разряд, и через обмотку реле P пойдет ток. Контакты *3* и *4* реле при этом разомкнутся и разорвут цепь питания лампы фотоувеличителя, а контакты *1* и *2* замкнутся, подключая обмотку реле через сопротивление R_1 непосредственно к источнику питания для того, чтобы удержать якорь в притянутом состоянии даже после прекращения тока разряда конден-

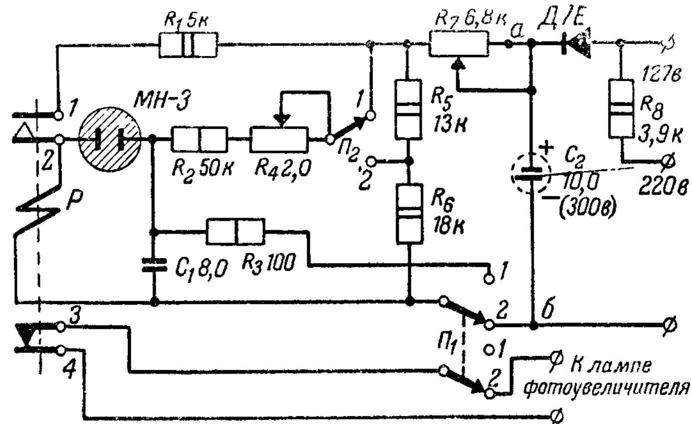


Рис 11 Схема простого реле времени с газоразрядным прибором

сатора через неоновую лампу. Величина сопротивления R_1, ограничивающего ток в обмотке реле, выбирается в соответствии с параметрами реле по формуле

$$R_1 = \frac{U}{I_р} - R_{обм},$$

где U — напряжение источника питания, *в*;

$I_р$ — ток удержания якоря реле в притянутом состоянии, который составляет обычно 70—80% от тока срабатывания, *а*;

$R_{обм}$ — сопротивление обмотки реле, *ом*.

Для повторного отсчета выдержки времени переключатель $П_1$ необходимо предварительно установить в положение *1*. При этом оставшийся на конденсаторе после погасания неоновой лампы заряд стечет через сопротивление R_3 (ограничивающее ток) и замкнутые контакты переключателя $П_1$, после чего прибор готов к повторному включению.

Ток разряда конденсатора через неоновую лампу не превышает 1—1,5 *ма*, поэтому в схеме следует применить поляризованное реле, обладающее большой чувствительностью. Если такое реле достать трудно, то лампу следует заменить стабилитроном СГ2С или тиратроном МТХ-90 в диодном включении. Это дает возможность использовать более грубое реле с током срабатывания до 10—15 *ма*.

Изменение диапазона выдержки времени производится переключателем $П_2$, который в положении *1* позволяет устанавливать выдержку от 0,5 до 12 *сек*, а в положении *2*—от 12 до 60 *сек*.

Питание прибора осуществляется от однополупериодного выпрямителя с германиевым плоскостным диодом Д7Е. Выпрямитель включается в электросеть переменного тока 127 *в* непосредственно, а в сеть 220 *в* — через гасящее сопротивление R_8.

Чтобы обезопасить работающего с прибором от возможности попадания под напряжение, необходимо обратить особое внимание на тщательное изолирование монтажа схемы от корпуса прибора. Ни одна из точек схемы не должна быть соединена с корпусом. Последний желательно изготовить из непроводящего материала (например, из оргстекла).

Прибор можно также питать от двух последовательно соединенных батарей БАС-80, подключенных к схеме в точках *а* и *б*.

Налаживание реле времени сводится к подбору сопротивлений R_5, R_6 и R_7 при максимальной величине сопротивления R_4. Сначала в положении *1* переключателя $П_2$ и при суммарной величине сопротивлений R_5 и R_6 (равной примерно 33 *ком*) подбирают величину сопротивления R_7 такой, чтобы выдержка времени была равна 12 *сек*. Затем вместо сопротивлений R_5 и R_6 включается потенциометр с такой же величиной общего сопротивления. Вывод движка потенциометра соединяют с контактом *2* переключателя. При положении *2* переключателя $П_2$ движок потенциометра устанавливают так, чтобы выдержка времени увеличилась до 60 *сек*. После этого потенциометр может быть заменен на два постоянных сопротивления, величины которых равны сопротивлениям плеч потенциометра.

Описанное реле времени, привлекающее предельной простотой, имеет, однако, ряд недостатков. Оно рассчитано на малые выдержки времени и нестабильно при коле-

баниях напряжения питания (ошибка может достигать нескольких секунд). Кроме того, такое реле требует предварительной подготовки путем установки переключателя $П_1$ в положение *1*.

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ СО СТАБИЛИЗАЦИЕЙ ЗАРЯДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Введение в схему реле времени стабилитрона для поддержания постоянной величины зарядного напряжения позволяет значительно увеличить точность отсчета больших выдержек времени, что имеет решающее значение,

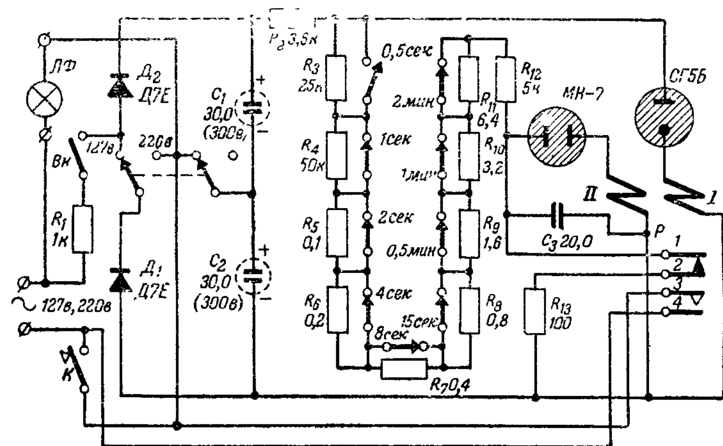


Рис. 12. Схема реле времени со стабилизацией зарядного напряжения.

например, при обработке цветной фотопленки и печати цветных позитивов.

Прибор, схема которого изображена на рис. 12, позволяет устанавливать выдержки времени от 0,5 *сек* до 4 *мин* ступенями по 0,5 *сек*.

При нажатии на пусковую кнопку *К* сетевое напряжение подается на лампу фотоувеличителя *ЛФ* и на выпрямитель прибора. Стабилизация выпрямленного напряжения осуществляется стабилитроном СГ5Б или любым другим стабилитроном с напряжением горения 150 *в*. В цепь катода стабилитрона включена обмотка *I* двухобмоточного телефонного реле *Р*. Протекание тока через эту обмотку вызывает замыкание контактов *3* и *4*, блокирующих

пусковую кнопку *К*. Конденсатор C_3 заряжается через цепь последовательно соединенных сопротивлений R_3—R_{12} до напряжения зажигания неоновой лампы МН-7. Для получения необходимой выдержки общее сопротивление цепи изменяется замыканием отдельных сопротивлений, входящих в эту цепь.

При зажигании неоновой лампы через обмотку *II* реле проходит импульс тока. Обмотки *I* и *II* включены встречно, так что протекание тока через обмотку *II* компенсирует действие тока в обмотке *I*. Якорь реле при этом отпускается, контакты *3* и *4* размыкаются, выключая лампу увеличителя и снимая питание с выпрямителя, а контакты *1* и *2* через сопротивление R_{13} замыкают обкладки конденсатора C_3.

В этой схеме может быть использовано любое двухобмоточное реле, обладающее чувствительностью не хуже 10 *ма*.

При напряжении электросети 127 *в* выпрямитель включается по схеме удвоения напряжения (положение 127 *в* переключателя). В этом случае за отрицательный полупериод питающего напряжения конденсатор C_2 заряжается через диод $Д_1$ примерно до 150 *в*, а за положительный полупериод через диод $Д_2$ заряжается до такой же величины напряжения конденсатор C_1. Так как эти конденсаторы включены последовательно, то в схему подается напряжение, равное сумме напряжений на обоих конденсаторах. При напряжении электросети 220 *в* переключатель должен быть установлен в положение 220 *в*. Диоды $Д_1$ и $Д_2$ в этом случае оказываются включенными последовательно, как и конденсаторы C_1 и C_2. В этой схеме однополупериодного выпрямления выходное постоянное напряжение не превышает 300 *в*. В обоих случаях величина постоянного напряжения на выходе выпрямителя достаточна для надежного зажигания стабилитрона с напряжением стабилизации 150 *в*. Необходимо лишь отметить, что напряжение, при котором происходит зажигание таких стабилитронов, превышает величину напряжения стабилизации и должно быть не ниже 180 *в*.

Переключение выдержек в рассматриваемой схеме реле времени осуществляется девятью переключателями. В начальном положении каждый переключатель замыкает соответствующее сопротивление. Размыкание переключателя соответствует введению в зарядную цепь сопротивления. В качестве переключателей могут быть использо-

ваны обычные выключатели, кнопочные устройства или любые другие переключающие устройства с двумя фиксированными положениями.

Большое количество переключателей, создающих известные удобства в работе, одновременно является и недостатком прибора, так как усложняет его конструкцию. Вторым недостатком прибора является то, что отсчет выдержки времени начинается сразу после нажатия пусковой кнопки. Недостатком прибора следует также считать необходимость использования двухобмоточного реле.

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ СО ЗВУКОВОЙ ИНДИКАЦИЕЙ ОКОНЧАНИЯ ВЫДЕРЖКИ

В ряде случаев большие удобства создает введение световой или звуковой индикации окончания выдержки времени. Звуковая индикация незаменима при работе в полной темноте, так как она освобождает от необходимости видеть прибор, отсчитывающий время.

Рассмотрим реле времени со звуковой индикацией конца фиксированного промежутка времени, применяющееся при проявлении цветных отпечатков. Как известно, процесс проявления обычно происходит в полной темноте, а время проявления должно быть выдержано с большой точностью. Описываемый ниже прибор позволяет устанавливать интервал времени в 3 *мин* с ошибкой, не превышающей 5 *сек*.

Как и в предыдущих схемах, выдержка времени начинается при нажатии кнопки *К*. Однако фиксация включения схемы осуществляется не блокировкой пусковой кнопки контактами реле, а изменением состояния газоразрядного прибора $Л_2$ (рис. 13). В состоянии покоя напряжение на аноде лампы $Л_2$ ниже напряжения ее зажигания и определяется соотношением сопротивлений R_4 и R_5. Суммарная величина сопротивлений выбрана так, что ток, протекающий через обмотку реле P_1, недостаточен для срабатывания реле. При нажатой кнопке *К* на анод лампы $Л_2$ через обмотку реле подается напряжение источника питания, достаточное для зажигания газоразрядного прибора. В результате зажигания сопротивление в лампе $Л_2$ резко падает, ток через обмотку реле увеличивается и достигает значения тока срабатывания. Якорь реле притягивается, коммутируя группу контактов. При

размыкании контактов *1* и *2* конденсатор C_1 начинает заряжаться через сопротивления R_1 и R_2

Отпускание кнопки *К* не вызывает прекращения разряда в лампе $Л_2$ ввиду того, что напряжение горения газоразрядного прибора ниже его напряжения зажигания. При правильном выборе сопротивления R_5 через обмотку реле продолжает протекать ток, достаточный для удержания якоря реле в притянутом состоянии.

Через 3 *мин* возникает тлеющий разряд в газоразрядном приборе $Л_1$. Напряжение на аноде лампы $Л_1$ резко

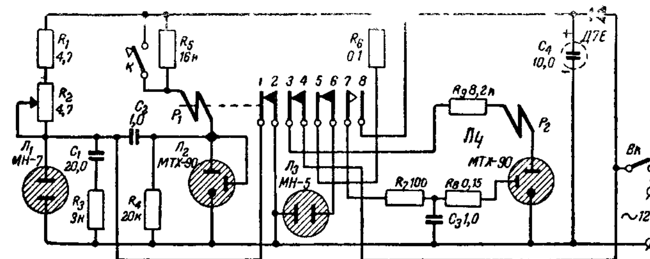


Рис. 13. Схема реле времени со звуковой индикацией окончания выдержки.

уменьшается Отрицательный импульс напряжения через конденсатор C_2 проходит в анодную цепь лампы $Л_2$. Напряжение на ее аноде уменьшается, и разряд в этом приборе прекращается. После исчезновения отрицательного импульса напряжение на аноде лампы $Л_2$ поднимается до значения, определяемого соотношением сопротивлений R_4 и R_5, ток через обмотку реле уменьшается и становится недостаточным для удержания якоря в притянутом состоянии. Контакты *1* и *2* реле замыкают цепь разряда конденсатора C_1 через сопротивление R_3.

Контакты *3-4*, *7-8*, а также *5-6* используются для коммутации схемы звуковой и световой индикации конца отсчета. В период отсчета выдержки через замкнутые контакты *7* и *8* и сопротивление R_7 конденсатор C_3 заряжается до напряжения источника питания. Тиратрон $Л_4$ оказывается возбужденным по поджигающему электроду. Сопротивление R_8 ограничивает ток разряда конденсатора C_3 через тиратрон.

При замыкании контактов *3* и *4* после окончания выдержки через обмотку реле и возбужденный тиратрон $Л_4$ потечет ток от источника переменного напряжения (элек-

тросети). Благодаря выпрямляющему действию тиратрона через обмотку реле P_2 будет проходить пульсирующий ток В моменты максимального значения тока якорь реле притягивается, а при уменьшении тока отпускается, т. е. он колеблется с частотой пульсаций тока. Громкость возникающего при этом звука вполне достаточна, чтобы привлечь внимание фотолюбителя.

В результате размыкания контактов *7* и *8*, происходящего одновременно с замыканием контактов *3* и *4*, конденсатор C_3 отключается от источника подзарядки. Напряжение на конденсаторе начинает уменьшаться со скоростью, определяемой величиной сопротивления R_8 и сопротивлением между поджигающим электродом и катодом тиратрона. Также уменьшается напряжение и на поджигающем электроде тиратрона. Ток через тиратрон уменьшается. Когда ток в импульсе станет меньше, чем ток срабатывания реле P_2, колебания якоря прекратятся. Таким образом, в схеме осуществляется автоматическое выключение звукового сигнала.

Для запоминания самого факта окончания отсчета и одновременно для указания готовности прибора к повторному отсчету служит неоновая лампа $Л_3$, подключенная к источнику постоянного напряжения через ограничивающее сопротивление R_6 и контакты *5* и *6* реле P_1. Контакты *5* и *6* замкнуты, и неоновая лампа горит, когда якорь реле P_1 отпущен. Лампа $Л_3$ помещается на лицевой панели прибора.

Так как во время выдержки лампа $Л_3$ не горит, то наблюдать за работой прибора в это время можно по свечению тиратрона $Л_2$, в котором происходит тлеющий разряд. Для этого тиратрон $Л_2$ также помещается на передней панели прибора.

В качестве лампы $Л_1$ может быть использован любой газоразрядный прибор с напряжением зажигания не более 100—120 *в*. Тип газоразрядного прибора $Л_2$ определяет выбор электромагнитного реле. Если используется тиратрон типа МТХ-90 в диодном включении, то чувствительность реле может быть порядка 10 *ма*. Для получения звукового сигнала в описываемой схеме использовалось реле типа РСМ-2 с сопротивлением обмотки 750 *ом*.

Следует заметить, что схема звуковой индикации может быть значительно упрощена, если использовать обычный электрический звонок, который может подключаться к источнику питания контактами *7* и *8*. Однако в этом

случае автоматического выключения звукового сигнала не будет.

На базе описанного выше реле времени может быть построен прибор, создающий значительные удобства при обработке как цветной пленки, так и цветной фотобумаги.

Процесс обработки цветной фотобумаги состоит из операции проявления, которая длится обычно 3 *мин*, операции останавливания, длящейся 5 *мин*, операций отбеливания и фиксирования, длительность каждой из которых также составляет 5 *мин*. После каждой из этих операций

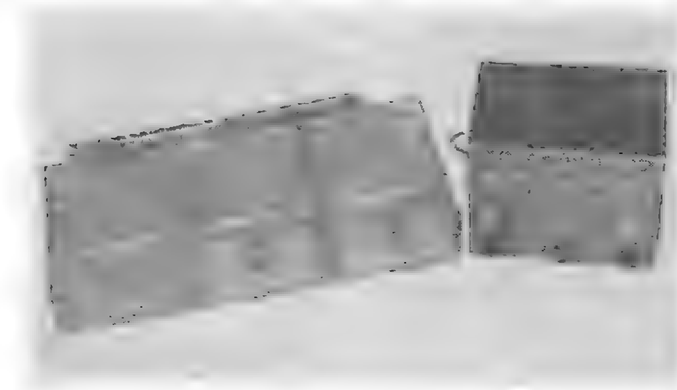


Рис. 14. Установка для одновременной обработки отпечатков.

должна производиться тщательная промывка фотобумаги (обычно тоже в течение 5 *мин*). При таком большом количестве операций, требующих к тому же точного соблюдения времени, одновременная обработка нескольких отпечатков затруднена.

На рис. 14 показано трехканальное реле времени со звуковой индикацией, состоящее из трех параллельных каналов. Каждый из каналов этого прибора выполнен по схеме рис. 13. Первый канал рассчитан на фиксированную выдержку времени 3 *мин*, а второй и третий каналы рассчитаны на получение выдержки времени 5 *мин*. В каждом канале имеются выключатель питания, два индикаторных колпачка и отдельная пусковая кнопка. В одном колпачке помещена неоновая лампа, показывающая готовность реле времени к работе, а во втором колпачке укреплен тиратрон $Л_2$, свечение которого показывает, что в канале осуществляется выдержка времени.

С помощью такого прибора возможна одновременная обработка в различных ваннах трех отпечатков. Делается это в следующей последовательности. Первый экспонированный отпечаток помещается в проявляющую ванну и нажимается пусковая кнопка первого канала реле времени. Через 3 *мин* звуковой индикатор этого канала сигнализирует об окончании времени проявления отпечатка. После этого первый отпечаток помещается в промывающую ванну и производится экспонирование второго отпечатка. В момент начала проявления этого отпечатка опять нажимается пусковая кнопка первого канала прибора и начинается отсчет времени проявления.

По окончании промывки первого отпечатка он помешается в останавливающую ванну, и время обработки в этой ванне фиксирvется вторым каналом реле времени. По окончании проявления второго отпечатка он промывается, а освободившийся первый канал прибора используется для отсчета времени проявления третьего отпечатка и т. д.

Таким образом, каждый качал прибора как бы закреплен за определенной ванной (первый за проявляющей, второй за останавливающей и третий за отбеливающей).

Для одновременной промывки отпечатков, взятых из разных растворов, можно использовать простое душевое устройство с изолированными камерами, подобное изображенному на рис. 14. Это устройство содержит три прямоугольных камеры, скленные из оргстекла толщиной 4 *мм*. Внутри каждой камеры расположена решетчатая перегородка, укрепленная на передней выдвижной стенке камеры. На эту перегородкv кладется (эмульсией кверху) отпечаток размером до 13×18 *см*². На верхней стенке камер высверлено большое число отверстий диаметром 1—1,5 *мм*, через которые под большим напором подается вода. В нижней стенке камер сделаны отверстия диаметром 10 *мм* для стока воды.

В такой установке осуществляется душевая интенсивная промывка одновременно трех цветных отпечатков, причем вода с вымытыми растворами смешивается лишь после выхода ее из промывных камер, что исключает возможность образования вуали.

Одновременное использование описанной душевой установки и реле времени позволяет значительно сократить время, необходимое для обработки большого количества цветных отпечатков,

ЛАМПОВОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ФОТОПЕЧАТИ

На рис. 15 приведена схема реле времени на пальчиковой лампе 6Ж1П, предназначенного для получения выдержек времени в диапазоне от 2,5 до 75 *сек*. Для отсчета времени проявления цветной фотобумаги предусмотрена фиксированная выдержка времени 3 *мин*. Прибор работает от сети переменного тока 127 и 220 *в*.

Управляющая сетка лампы 6Ж1П через сопротивления R_1, R_2 и R_3 соединена с общей шиной. В катодную цепь

Рис 15. Схема лампового реле времени.

этой лампы наряду с автоматическим смещением за счет сопротивления R_6 подводится еще и фиксированное смещение с делителя R_5R_6. Общая величина смещения выбрана такой, что лампа заперта и обмотка реле обесточена.

Пусковая кнопка *К* должна иметь как нормально замкнутые, так и нормально разомкнутые контакты. Если нажать на кнопку, то через ее контакты *1* и *2* и ограничивающее сопротивление R_7 произойдет быстрый заряд конденсатора C_1 до напряжения источника питания. Если затем кнопку отпустить, то замкнутся контакты *3* и *4* и напряжение, до которого зарядился конденсатор, окажется приложенным к сетке лампы 6Ж1П. Увеличение анодного тока лампы при этом вызовет срабатывание реле. С этого момента начинается отсчет выдержки времени.

Конденсатор C_1 разряжается через сопротивления R_2 и R_3. Однако из-за того, что к сетке приложено большое положительное напряжение, промежуток сетка — катод лампы имеет небольшое сопротивление и шунтирует цепь разряда. Для уменьшения шунтирующего действия лампы

в сеточную цепь включено сопротивление большой величины R_1.

Выдержка времени может быть приблизительно рассчитана по формуле

$$T \approx 2{,}7 \frac{R_1(R_2+R_3)}{R_1+R_2+R_3} C_1.$$

Когда напряжение на сетке лампы уменьшится настолько, что анодный ток перестанет удерживать якорь реле в притянутом состоянии, выдержка времени закончится.

В схеме использовано малогабаритное реле типа РСМ-2. В течение выдержки времени его контакты *1* и *2* разомкнуты, а контакты *3* и *4* замкнуты и лампа фотоувеличителя $Л_1$ горит. По окончании выдержки времени цепь питания лампы фотоувеличителя разрывается контактами *3* и *4*, а через замкнувшиеся контакты *1* и *2* на неоновую лампу МН-5 подается напряжение от источника питания Зажигание неоновой лампы сигнализирует об окончании отсчета и готовности прибора к повторному включению Лампа МН-5 выведена под прозрачный лимб установки выдержки времени (на оси переменного сопротивления R_3) и подсвечивает его шкалу до момента, когда начинается отсчет В период отсчета шкала не освещена, что гарантирует от засветки фотобумаги при больших выдержках времени.

Для облегчения отсчета по шкале введены два диапазона выдержек времени. В положении *1* переключателя $П_2$ переменным сопротивлением R_3 перекрываются выдержки от 2,5 до 15 *сек* При этом в разрядную цепь входит конденсатор C_1 емкостью 1 *мкф*. При переключении $П_2$ в положение *2* параллельно конденсатору C_1 подключается конденсатор C_2 емкостью 4 *мкф*. Таким образом, общая емкость разрядной цепи становится равной 5 *мкф* и все выдержки увеличиваются в 5 раз. При этом переменным сопротивлением R_3 перекрывается диапазон от 12,5 до 75 *сек*. Линейность шкалы сохраняется в обоих диапазонах.

Для отсчета времени проявления цветной фотобумаги переключатель $П_3$ должен быть установлен в положение 3 *мин*. Замыкающиеся при этом контакты *1* и *2* блокируют переключатель $П_2$, а контакты *5* и *6* увеличивают сопротивление разрядной цепи на величину последовательного сопротивления R_4. В этом положении переключателя выдержка времени может изменяться переменным сопротивлением R_3 в пределах 2,75—3,25 *мин*.

Для питания нити накала лампы 6Ж1П применен накальный трансформатор *Тр*, собранный на сердечнике из пластин Ш-16 при толщине пакета 15 *мм* Сетевая обмотка трансформатора состоит из 4 200×2 витков провода ПЭВ 0,06, а накальная обмотка — из 350 витков ПЭВ 0,33.

Если затруднительно изготовить такой трансформатор, то можно включить нить накала лампы 6Ж1П последовательно с обычной осветительной лампой непосредственно в сеть переменного тока. Осветительная лампа, помещен-

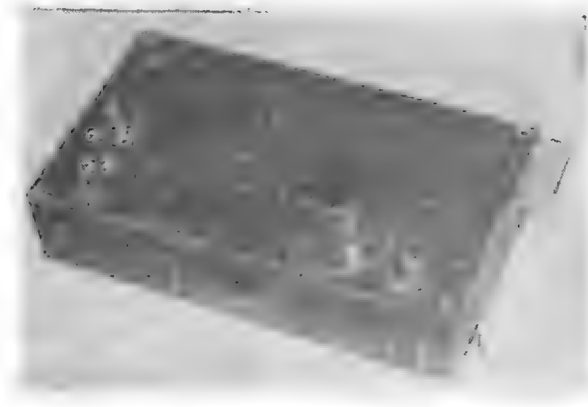


Рис. 16 Внешний вид лампового реле времени

ная в красный фонарь, не будет мешать работе Однако в этом случае включение прибора в электросеть 127 или 220 *в* потребует, помимо переключения $П_4$, также замены осветительной лампы. Кроме того, выключение красного фонаря во время работы реле времени недопустимо, так как может привести к выходу из строя лампы 6Ж1П. При напряжении электросети 127 *в* последовательно с нитью накала 6Ж1П должна быть включена лампа мощностью 25 *вт*, а при 220 *в* — мощностью 40 *вт*.

Остановимся более подробно на конструкции реле времени. Внешний вид прибора показан на рис. 16. Прибор смонтирован в корпусе размерами 35 × 100 × 175 *мм*. Монтаж осуществлен на снимающейся верхней панели (изготовлена из дюралюминия толщиной 2 *мм*), на лицевой части которой размещены органы управления Чертеж этой панели дан на рис. 17.

В панели под отградуированным лимбом из оргстекла прорезана кольцевая щель, через которую происходит подсветка шкалы лимба неоновой лампой МН-5. Лимб совмещен с ручкой и укреплен на оси переменного сопротивления R_3. Деления шкалы нанесены на внутреннюю плоскость лимба. В середине кольцевой щели укреплена непрозрачная визирная нить, с которой производится совмещение делений шкалы.

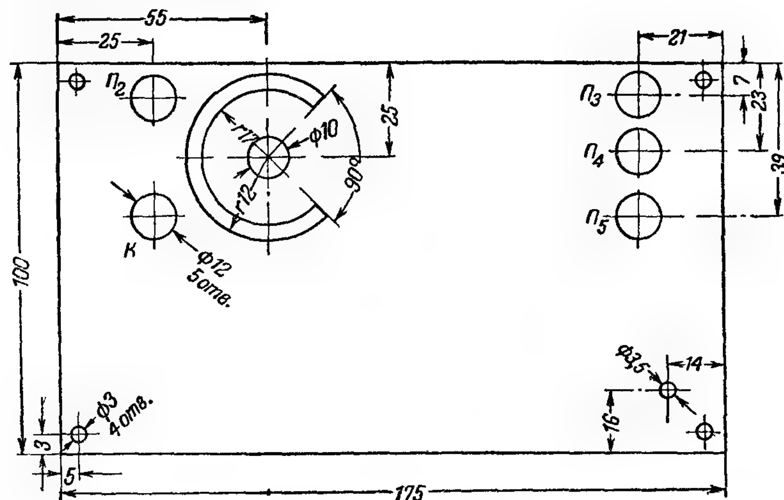


Рис. 17. Чертеж верхней панели лампового реле времени

На переключатель $П_4$ навернут колпачок из оргстекла для предохранения его от случайного переключения. Переключатель $П_5$ позволяет включать с панели прибора лампу красного света $Л_2$ (в положении *1*) или лампу дневного света $Л_3$ (в положении *2*).

Расположение деталей прибора показано на рис 18. Реле РСМ-2, переменное сопротивление R_3 и неоновая лампа МН-5 размещены под панелью, на которой смонтированы выпрямитель и сопротивления разрядной цепи

Конструкция прибора позволяет легко закрепить его на увеличителе. На рис. 19 приведена фотография увеличителя с укрепленным на нем реле времени.

Описанное реле времени при относительной простоте схемы отличается высокой стабильностью отсчета времени, удобством в работе, возможностью использовать относи-

тельно грубые реле (ток срабатывания реле РСМ-2, примененного в приборе, равен 30 *ма*). Прибор начинает отсчет времени лишь после освобождения пусковой кнопки,

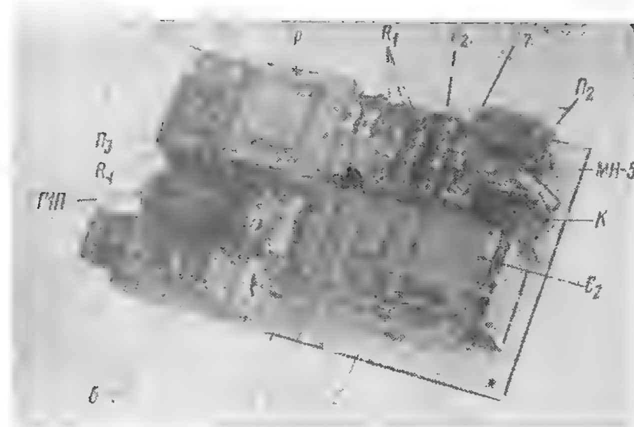


Рис. 18 Вид со стороны монтажа лампового реле времени.

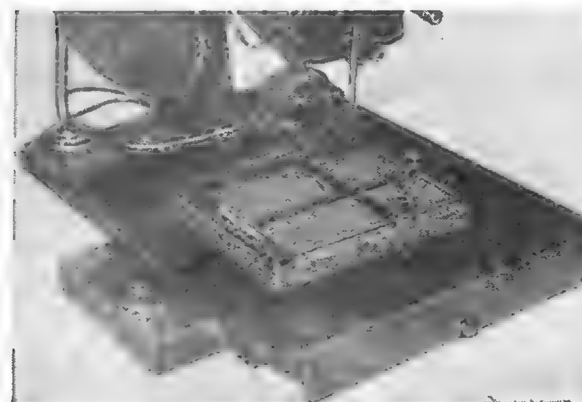


Рис. 19. Фотоувеличитель с реле времени.

что принципиально позволяет получать чрезвычайно маленькие выдержки времени. Лампа прибора в состоянии покоя заперта, что уменьшает расход энергии.

К недостаткам данного реле времени, помимо общих недостатков лампового реле, следует отнести также отно-

сительно небольшой диапазон выдержек. Однако этот недостаток может быть устранен применением в разрядной цепи конденсаторов большей емкости.

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ С БОЛЬШИМ ДИАПАЗОНОМ ВЫДЕРЖЕК

Неполное использование напряжения источника питания при заряде конденсатора, являющееся общим недостатком описанных выше реле времени, ограничивает диапазон выдержек. Этот недостаток устраняется в приборе с катодно-следящей лампой, позволяющем устанавливать выдержки времени от 0,5 до 175 *сек.*

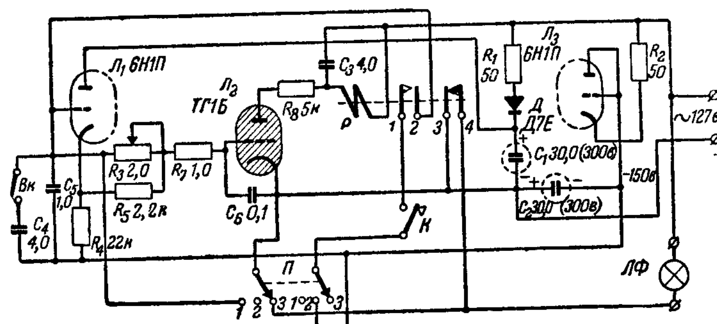


Рис. 20. Схема реле времени с большим диапазоном выдержек.

Схема прибора приведена на рис. 20. На анод лампы $Л_1$, выполняющей функции автоматического регулятора зарядного напряжения, подается положительное, а на катод через сопротивление R_4 отрицательное напряжение от источника питания. Большое напряжение между анодом и катодом лампы позволяет получить значительные выдержки времени при хорошей линейности характеристики заряда конденсатора C_5.

Заряд конденсатора до напряжения, выделяющегося на сопротивлении R_4, происходит через сопротивления R_3 и R_5. Регулировка выдержки времени осуществляется переменным сопротивлением R_3. При емкости зарядного конденсатора C_5 в 1 *мкф* выдержка времени изменяется от 0,5 до 35 *сек.* При замыкании выключателя *Вк* параллельно конденсатору C_5 присоединяется конденсатор C_4 в 4 *мкф*. В этом случае выдержку времени можно изменять от 2,5 до 175 *сек.* Сопротивление R_5 предохраняет от замы-

кания выводов катода и сетки лампы, когда переменное сопротивление выведено до нуля.

Через сопротивления R_5 и R_7 катод лампы $Л_1$ соединен с сеткой тиратрона $Л_2$. Большое по величине сопротивление R_7 ограничивает сеточный ток тиратрона при положительном напряжении на катоде лампы $Л_1$. Так как постоянная времени цепи R_7C_6 мала (порядка 0,1 *сек*), то напряжение на сетке тиратрона следует за изменением напряжения на катоде лампы $Л_1$ практически без задержки.

Тиратрон, в анодную цепь которого включены обмотка реле P и ограничивающее сопротивление R_8, соединен непосредственно с сетью переменного тока. Когда напряжение на сетке тиратрона достаточно для возникновения в нем разряда, тиратрон зажигается, и через обмотку реле протекает пульсирующий ток. Пульсации сглаживаются конденсатором C_3, шунтирующим обмотку реле. Сопротивление R_8 в анодной цепи тиратрона поставлено для ограничения начального броска тока.

После включения прибора в сеть переменного тока и прогрева ламп до рабочей температуры напряжение на катоде лампы $Л_1$ (и, следовательно, на сетке тиратрона) достигает положительного значения, достаточного для зажигания тиратрона. Через обмотку реле P начинает протекать ток; контакты *1* и *2* замыкаются, и реле готово к началу отсчета. Лампа фотоувеличителя *ЛФ* при этом отсоединена от электросети разомкнутыми контактами *3* и *4*.

При нажатии на пусковую кнопку *К* сетка лампы $Л_1$ соединяется через контакты *1* и *2* реле и переключатель рода работы *П* с отрицательным полюсом источника питания. При этом конденсатор C_5 мгновенно разряжается. Так как и сетка и катод лампы $Л_1$ соединены с отрицательным полюсом источника питания, через лампу течет анодный ток, величина которого определяется автоматическим смещением на катодном сопротивлении R_1. Напряжение автоматического смещения равно приблизительно 10 *в*; лампа $Л_1$ при этом оказывается почти полностью запертой; ток через обмотку реле становится очень малым, и якорь реле отпускается.

С этого момента начинается отсчет выдержки времени. Контакты *3* и *4* реле замыкаются, подавая напряжение электросети на лампу фотоувеличителя, которая загорается. Размыканием контактов *1* и *2* выключается цепь пусковой кнопки, благодаря чему длительность нажатия кнопки

не входит в отсчитываемый интервал времени. Зарядный конденсатор C_5 начинает заряжаться до величины напряжения на катоде лампы $Л_1$, что сопровождается повышением напряжения и на ее сетке. Однако рост напряжения на сетке лампы вызывает соответствующее изменение напряжения на ее катоде, линейно увеличивающегося до значения, при котором происходит зажигание тиратрона $Л_2$. Якорь реле при этом притягивается; цепь лампы фотоувеличителя размыкается, а цепь пусковой кнопки включается в схему. Реле времени готово к повторному отсчету.

Лампа фотоувеличителя *ЛФ* может быть выключена в любой момент в период отсчета выдержки времени установкой переключателя рода работы *П* в положение *1*. При этом сетка лампы $Л_1$ соединяется с общей шиной и на катоде лампы развивается положительное напряжение, вызывающее разряд в тиратроне. В положении *3* на лампу увеличителя все время подается сетевое напряжение.

По мере старения лампы $Л_1$ коэффициент передачи напряжения с сетки на катод лампы уменьшается, что должно вносить ошибку в градуировку шкалы. Однако компенсация этой ошибки достигается изменением параметров лампы $Л_3$, являющейся второй половиной двойного триода $Л_1$. Старение этой лампы сопровождается уменьшением выпрямленного напряжения. А так как от этого значения напряжения начинается отсчет выдержки времени, то интервал времени от начала отсчета до зажигания тиратрона сокращается. Этот эффект противоположен эффекту старения лампы $Л_1$ и в значительной степени компенсирует его.

Для получения положительного и отрицательного напряжений питания используются два однополупериодных выпрямителя. Выпрямитель, образованный плоскостным германиевым диодом *Д*, фильтрующим конденсатором C_1 и ограничивающим сопротивлением R_1, дает положительное напряжение 150 *в*. Отрицательное напряжение —150 *в* получается от выпрямителя, образованного лампой $Л_3$, конденсатором C_2 и сопротивлением R_2.

Особенностью описанного прибора являются высокая стабильность выдержек времени во всем диапазоне, линейность шкалы и хорошая стабильность градуировки во времени. К недостаткам прибора следует отнести сложность схемы, большие габариты конструкции и сравнительно большой расход электроэнергии.

УПРОЩЕННОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ С БОЛЬШИМ ДИАПАЗОНОМ ВЫДЕРЖЕК

Преимущества катодно-следящей лампы могут быть реализованы и в более простой схеме, чем описанная выше. Особенность работы лампы в режиме самовыпрямления позволяет отказаться от выпрямителя, а отсутствие тиратрона значительно удешевляет прибор.

Схема упрощенного реле времени с большим диапазоном выдержек приведена на рис. 21. Катодно-следящая лампа выполняет одновременно и роль выпрямителя для получения зарядного напряжения. Для начала экспонирования переключатель *П* должен быть установлен в положение *1*. Через замыкающийся контакт переключателя на анод лампы $Л_1$ и на лампу фотоувеличителя *ЛФ* подается переменное напряжение электросети. В результате выпрямляющего действия лампы 6Н1П на катодной нагрузке, образованной сопротивлениями R_1, R_2 и обмоткой реле P_1, выделяется пульсирующее положительное напряжение. Пульсации сглаживаются конденсатором C_2 большой емкости. Величина тока через лампу, а следовательно, и выпрямленного напряжения зависит от напряжения между катодом и сеткой триода и определяется степенью заряда сеточного конденсатора C_1. Схема работает в режиме обычной катодно-следящей лампы. Скорость нарастания напряжения на катоде определяется величиной сопротивления между катодом и зарядной емкостью C_1 и может регулироваться в широких пределах.

Когда катодный ток достигает величины, достаточной для срабатывания реле P_1, нормально замкнутый контакт последнего размыкается, и лампа фотоувеличителя выключается. Для подготовки реле времени к повторному срабатыванию переключатель *П* должен быть поставлен в положение *2*.

Накал лампы 6Н1П питается от электросети через гасящий конденсатор C_3. Включенное параллельно конденсатору сопротивление служит для быстрого разряда конденсатора при выключении прибора. Это необходимо для того, чтобы избежать случайного разряда конденсатора через сетевую вилку и руки человека, работающего с прибором.

Отсутствие в схеме тиратрона имеет и свою неприятную сторону, так как в этом случае повышается требование к чувствительности электромагнитного реле. Ток срабаты-

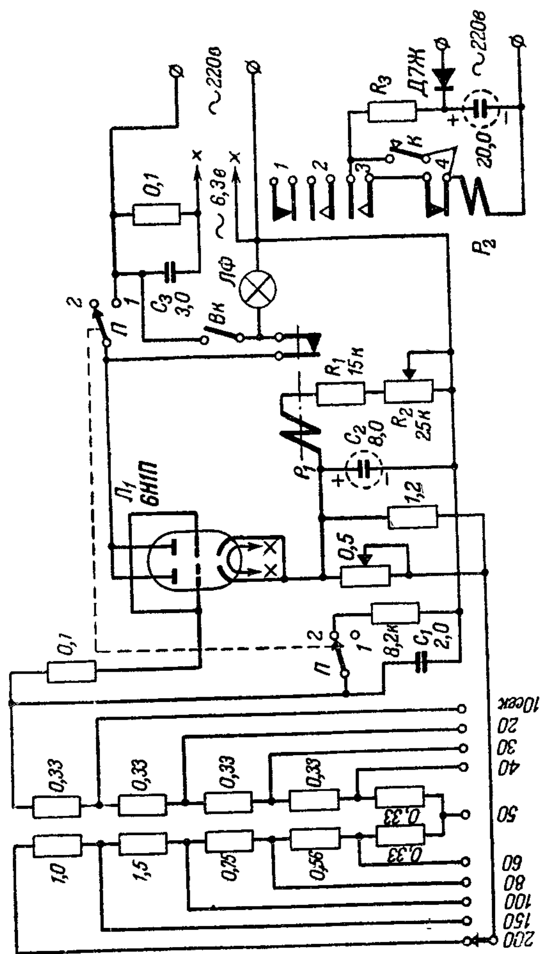


Рис. 21. Схема упрощенного реле времени.

вания используемого в приборе реле не должен превышать 3—4 *ма*.

Управление прибором можно сделать более удобным, если добавить еще одно реле. Схема включения этого реле приведена на том же рис. 21. Два контакта реле P_2 (нормально замкнутый и нормально разомкнутый) заменяют переключатель *П*. Третий нормально разомкнутый контакт блокирует пусковую кнопку.

Для начала экспонирования должна быть нажата пусковая кнопка *К*. Реле P_2 срабатывает, блокируется контактом *3*, и контактами *1* и *2* включает схему прибора. По окончании выдержки времени включается реле P_1 и разрывает нормально замкнутым контактом *4* цепь питания реле P_2. Реле времени после этого готово к повторному срабатыванию. Таким образом, реле времени включается простым нажатием кнопки и автоматически подготавливается к повторному срабатыванию.

Для питания реле P_2 используется простейший выпрямитель. Сопротивление R_3 подбирается таким, чтобы обеспечить безопасность работы реле P_2.

Для наводки на резкость и установки кадра лампа фотоувеличителя *ЛФ* включается выключателем *Вк*.

ЭКСПОНОМЕТР С НЕОНОВОЙ ЛАМПОЙ В КАЧЕСТВЕ ИНДИКАТОРА

На рис. 22 приведена принципиальная схема прибора, позволяющего измерять освещенность на поверхности светочувствительного слоя фотобумаги при проектировании на него негативного изображения. Освещенность, как изве-

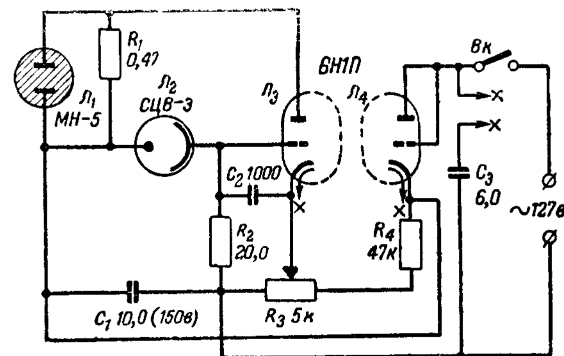


Рис. 22. Схема экспонометра с неоновым индикатором

стно, определяется яркостью лампы фотоувеличителя, степенью увеличения и плотностью негатива. При включении прибора в электросеть 127 *в* на анод усилительного триода $Л_3$ подается напряжение порядка 150 *в*. Анодный ток этого триода зависит от смещения регулируемого потенциометром R_3. Смещение устанавливается таким, что неоновая лампа $Л_1$, включенная параллельно сопротивлению анодной нагрузки триода R_1, гаснет.

Такое положение движка потенциометра R_3 соответствует максимальной чувствительности экспонометра. Действительно, если теперь осветить фотоэлемент $Л_2$, то увеличение фототока вызовет увеличение падения напряжения на сопротивлении нагрузки фотоэлемента R_2. Так как это напряжение прикладывается к сетке усилительного триода, анодный ток последнего увеличится. Следовательно, увеличится падение напряжения на сопротивлении R_1, и неоновая лампа загорится. Изменение напряжения на аноде триода $Л_3$ пропорционально изменению фототока, если рабочая точка триода лежит на линейном участке его характеристики.

Если теперь установить движок потенциометра R_3 так, чтобы напряжение на катоде триода $Л_3$ увеличилось в той же мере, что и на его сетке за счет увеличения фототока, то анодный ток триода примет прежнее значение и неоновая лампа погаснет. Угол, на который при этом будет повернут движок потенциометра, пропорционален величине фототока, т. е. освещенности фотоэлемента.

Таким образом, если на оси потенциометра укрепить лимб, то его шкала может быть проградуирована в единицах освещенности. Обычно абсолютное значение освещенности не представляет интереса и шкала градуируется в условных единицах. Например, вся шкала может быть разбита на 100 делений.

Триод $Л_4$, являющийся второй половиной двойного триода 6Н1П, служит выпрямителем. Накал его осуществляется через конденсатор C_3 от сети переменного тока 127 *в*.

Описанный прибор может быть использован также для определения контрастности негатива, что позволит правильно выбрать тип фотобумаги. Контрастность негатива определяется путем измерения разницы между освещенностью наиболее светлого и наиболее темного участков негативного изображения Чем больше эта разница, тем

контрастнее негатив и тем мягче должна быть выбрана бумага.

К недостаткам прибора относятся невысокая точность измерения и относительно малая чувствительность при измерении освещенности на участке, соответствующем наименьшей плотности негатива.

ЭКСПОНОМЕТР С ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИМ ИНДИКАТОРОМ

Применение в экспонометре электронно-оптического индикатора вместо неоновой лампы дает возможность более точного отсчета значений освещенности. Схема экспонометра с электронно-оптическим индикатором приведена на рис. 23.

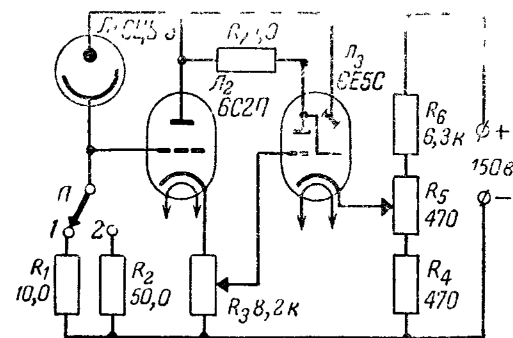


Рис. 23. Схема экспонометра с электронно-оптическим индикатором.

Фототок, протекающий в цепи фотоэлемента $Л_1$ при освещении последнего проходящим через негативное изображение световым потоком, вызывает падение напряжения на сопротивлении нагрузки R_1 (или R_2), пропорциональное величине этого сопротивления и освещенности фотокатода. Это напряжение приложено к сетке триода $Л_2$, включенного по схеме катодного повторителя. Напряжение, выделяющееся на катодном сопротивлении R_3, подается на сетку электронно-оптического индикатора $Л_3$, катод которого соединен с делителем напряжения $R_4R_5R_6$.

Соотношение напряжений на сетке и катоде лампы $Л_3$ определяет величину теневого сектора. Например, для полного закрытия теневого сектора лампы 6Е5С к ее сетке должно быть приложено отрицательное относительно ка-

¡ода напряжение, превышающее 8 *в* В соответствии с этим величины сопротивлений R_4, R_5 и R_6 выбраны так, что напряжение на катоде лампы $Л_3$ на несколько вольт превышает напряжение, снимаемое на сетку лампы с потенциометра R_3.

Переменное сопротивление R_5 позволяет регулировать напряжение на катоде электронно-оптического индикатора в пределах 10 *в* На оси этого сопротивления укреплен лимб, шкала которого проградуирована в условных единицах освещенности. Величина сопротивления R_4 выбирается так, чтобы при нулевом положении движка потенциометра R_5 и полностью затемненном фотоэлементе можно было регулировкой переменного сопротивления R_3 добиться, чтобы угол раствора теневого сектора составлял приблизительно 45°. При этом напряжение на движке потенциометра R_3 будет равно +5 *в*, а напряжение на катоде лампы $Л_3$ составит +9 *в* относительно корпуса прибора.

-Освещение фотоэлемента будет сопровождаться протеканием фототока по нагрузочному сопротивлению R_1 (или R_2) и соответствующим увеличением напряжения на катоде лампы $Л_2$. Вследствие этого теневой сектор электронно-оптического индикатора расширится. Если теперь напряжение на катоде лампы $Л_3$ увеличить так, чтобы разница между напряжениями на ее катоде и сетке оставалась равной 4 *в*, то теневой сектор опять станет равным 45°. Угол, на который при этом должен быть повернут движок потенциометра R_5, пропорционален изменению напряжения на сетке лампы $Л_3$, т. е пропорционален освещенности фотоэлемента.

Необходимо заметить, что градуировать шкалу R_5 непосредственно в единицах выдержки времени не имеет смысла по той причине, что выдержка времени, помимо освещенности, определяется также типом применяемой фотобумаги, а выбор типа фотобумаги, как известно, зависит от качества негатива, сюжета снимка, личного вкуса фотолюбителя и т. д При градуировке же прибора в условных единицах освещенности определение значений выдержки производится умножением величины освещенности на поправочный коэффициент, учитывающий тип бумаги. Если фотолюбитель использует реле времени, то поправка может быть внесена дополнительным переменным сопротивлением, в небольших пределах корректирующим величину постоянной времени зарядной цепи.

Для точной установки угла теневого сектора электронно-оптического индикатора в 45° на торцовой части его баллона краской наносятся две черточки, ограничивающие этот сектор.

С помощью описанного прибора измеряется освещенность небольшого участка фотобумаги, на который проектируется наименее плотная часть негативного изображения. Для этого фотоэлемент помещается в плоскую коробочку с отверстием в верхней стенке. Отверстие располагается над катодом фотоэлемента и имеет диаметр 3—4 *мм*. Уменьшение диаметра отверстия нецелесообразно, так как влечет за собой снижение чувствительности прибора.

Переключатель *П* может быть установлен в положение *1* или *2* Во втором случае нагрузка фотоэлемента увеличивается в 5 раз, что во столько же раз повышает чувствительность экспонометра

Достоинством описываемого прибора является его простота. Однако использование электронно-оптического индикатора не позволяет получить высокой точности отсчета, так как последняя ограничивается разрешающей способностью шкалы, по которой производится отсчет освещенностей, а также оптическими ошибками при совмещении теневого сектора с черточками на баллоне лампы.

ЭКСПОНОМЕТР С ФОТОУМНОЖИТЕЛЕМ

Чрезвычайно простая схема фотоэкспонометра получается при использовании в качестве светочувствительного элемента фотоумножителя Чувствительность однокаскадного фотоумножителя типа ФЭУ-2 в 4—5 раз больше чувствительности сурьмяно-цезиевого вакуумного фотоэлемента и достигает 500—600 *мка/лм* Это позволяет измерять достаточно малые освещенности без дополнительного усиления фототока

Микроамперметр со шкалой на 100 *мка* (рис. 24) включен в анодную цепь фотоумножителя ФЭУ-2 С делителя R_4 R_5 на эмиттер фотоумножителя подается напряжение порядка 70 *в* Анодный ток фотоумножителя пропорционален освещенности сурьмяно-цезиевого фотокатода Микроамперметр шунтируется одним из трех сопротивлений R_1 R_2 или R_3 при положениях ×1, ×3 или ×6 переключателя *П*, что соответствует трем диапазонам измерения освещенности. Сопротивление R_6, включенное последовательно с микроамперметром, служит для ограничения тока через обмотку прибора при внезапном появлении в фотоумно-

жителе газа. Шкала микроамперметра проградуирована в условных единицах освещенности.

Коэффициент усиления фотоумножителя зависит от питающего напряжения. Из равенства $\Delta K/K = \Delta U/U$ следует, что при изменении питающего напряжения на 10% коэффициент усиления однокаскадного фотоумножителя из-

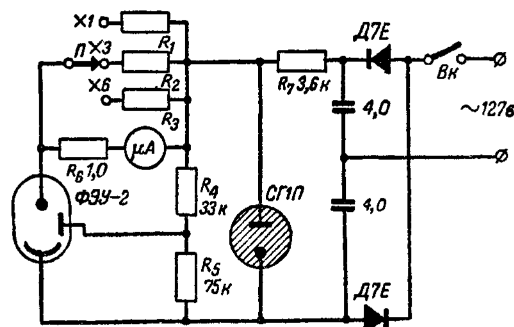


Рис. 24. Схема экспонометра с фотоумножителем.

меняется тоже на 10%. Таким образом, стабильность питающего напряжения должна быть достаточно высокой, что определяет необходимость применения стабилизированного источника питания.

Отсутствие накала является одним из преимуществ этого экспонометра. Прибор исключительно прост как в изготовлении, так и в эксплуатации.

ЭКСПОНОМЕТР НА ТРАНЗИСТОРАХ

Прибор, схема которого показана на рис. 25, позволяет измерять как интегральную освещенность, создаваемую проектируемым негативным изображением, так и освещенность на участке наименьшей плотности негатива, и имеет два диапазона, переключение которых осуществляется кнопкой K_1. В отпущенном положении контакты этой кнопки замкнуты, и фотоэлемент типа УФ-101 шунтируется сопротивлением R_1. При этом чувствительность фотоэлемента низка, а световая характеристика линейна при больших значениях освещенности.

Для определения экспозиции фотоэлемент *ФЭ* помещают на столике фотоувеличителя в месте наиболее освещенного важного по сюжету участка изображения. Нажатием

на кнопку K_1 выключается шунтирующее сопротивление R_1. Фототок, развиваемый в цепи фотоэлемента, протекает через промежуток база — эмиттер транзисторов T_2 и T_3, включенных по схеме параллельно-балансного усилителя постоянного тока. Усиленный сигнал с коллекторов этих транзисторов поступает на базы транзисторов T_4 и T_5, работающих как эмиттерные повторители. Между эмиттерами этих транзисторов включен микроамперметр μA со шкалой на 200 *мка*. Прибор проградуирован в условных единицах освещенности.

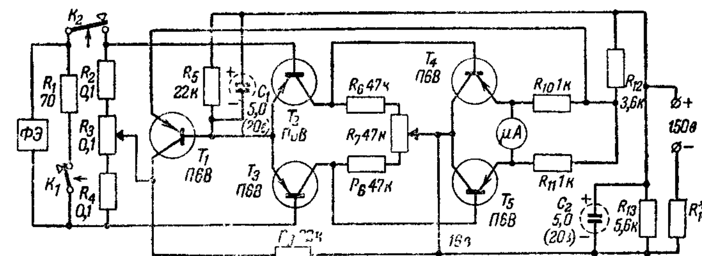


Рис. 25. Схема экспонометра на транзисторах. Сопротивления R_9 и R_{14} подбираются при налаживании прибора.

Поправка, учитывающая качество негатива, вводится путем умножения полученного значения освещенности наиболее светлого участка изображения на коэффициент интегральной плотности негатива. Последний определяется следующим методом. Фотоэлемент при отпущенной кнопке K_1 подносится вплотную к отверстию объектива фотоувеличителя и измеряется световой поток, проходящий через негатив. Результат измерения определяется лишь интегральной плотностью негатива. Сопротивление R_1 выбрано так, что стрелка микроамперметра отклоняется на всю шкалу, если негатив в увеличитель не вставлен. Это позволяет включать полное освещение в лаборатории при работающем экспонометре без опасения вывести его из строя.

Транзистор T_1 осуществляет температурную компенсацию параллельно-балансного усилителя. Установка нуля (балансировка усилителя) производится потенциометром R_7 при затемненном фотоэлементе. После установки нуля усилитель должен быть сбалансирован по обратной связи. Для этого нажимается кнопка K_2 (отключающая фотоэлемент) и потенциометром R_3 производится симметриро-

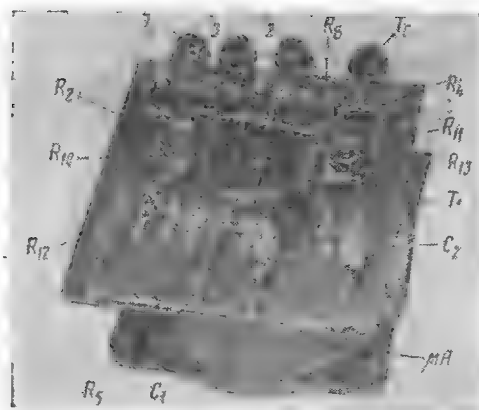


Рис 26 Вид экспонометра на транзисторах со стороны монтажа.

вание цепей баз транзисторов T_2 и T_3 относительно сигнала обратной связи.

Для получения максимальной чувствительности экспонометра сопротивление R_{12} должно быть выбрано возможно меньшим. Однако при уменьшении его ниже 3 *ком* стабильность балансировки схемы значительно ухудшается. Для питания усилителя используется выпрямитель со стабилизацией питающего напряжения.

Конденсатор C_1 предотвращает возникновение паразитной генерации, благодаря чему обеспечивается линейность амплитудной характеристики усилителя во всем диапазоне.

Экспонометр на транзисторах отличается очень высокой чувствительностью, малыми габаритами и высокой точностью измерений. Монтаж экспонометра (без фотоэлемента) показан на рис. 26, а градуировочные характеристики прибора приведены на рис. 27.

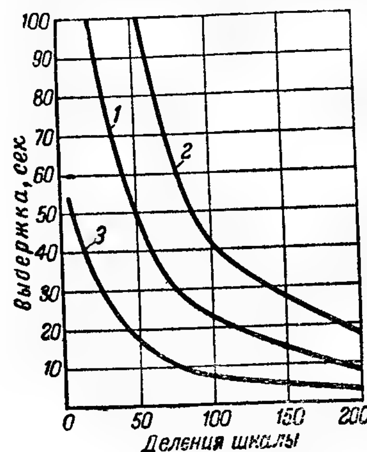


Рис. 27. Градуированные характеристики экспонометра на транзисторах.

1 — для бумаги „Фотобром"; *2* — для бумаги „Бромпортрет"; *3* — для бумаги „Фотоцвет".

ЭКСПОНОМЕТР С ФОТОДИОДОМ

Рассмотрим теперь схему электронного экспонометра, в котором в качестве фотоэлемента использован фотодиод *ФД* (рис. 28). Две половины двойного триода $Л_1$ и $Л_2$ образуют вместе с сопротивлениями R_8, R_9 и R_{10} сбалансированный измерительный мост, в одну из диагоналей которого включен микроамперметр μA со шкалой на 100 *мка*.

Когда на фотодиод падает свет, через нагрузочное сопротивление фотодиода R_2 начинает протекать фототок.

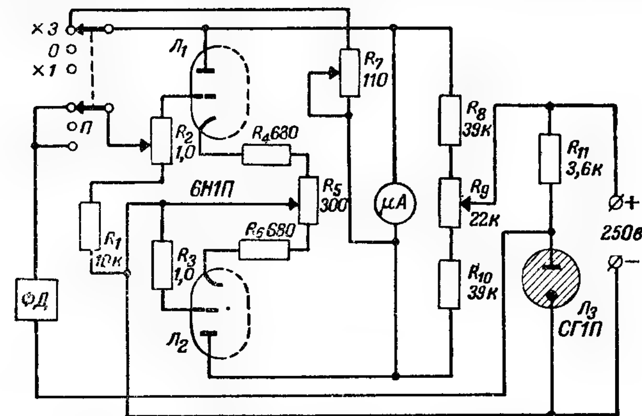


Рис. 28. Схема экспонометра с фотодиодом.

Образующееся при этом напряжение поступает на сетку лампы $Л_1$ и нарушает баланс моста, что вызывает отклонение стрелки микроамперметра. Рабочая точка лампы выбрана так, что анодный ток триода $Л_1$ линейно зависит от напряжения на его сетке, поэтому показания микроамперметра прямо пропорциональны световому потоку, падающему на фотодиод. Прибор рассчитан на два диапазона измерений, соответствующих крайним положениям переключателя *П*. Среднее положение переключателя, когда фотодиод выключен из схемы, используется для балансировки моста. В положении ×3 параллельно микроамперметру включается шунтирующее сопротивление R_7, величина которого определяет кратность изменения чувствительности прибора по отношению к первому диапазону.

Прибор интересен еще тем, что в нем имеется регулировка, позволяющая делать поправку на тип используемой

бумаги. Производится это при помощи потенциометра R_2. Устанавливая движок R_2 в различные положения, можно уменьшать или увеличивать напряжение, создаваемое фототоком, и тем самым вводить поправочный коэффициент к шкале выдержки времени Для сохранения линейности изменения тока фотодиода от освещенности, а следовательно, и значений калибровки микроамперметра, последовательно с сопротивлением R_2 включено ограничительное сопротивление R_1. Для повышения стабильности измерений напряжение на фотодиод снимается со стабилитрона $Л_3$.

Через 15 *мин* после включения прибора в электросеть, когда установится тепловой режим ламп, можно приступить к градуировке микроамперметра Для предварительной балансировки измерительного моста переключатель *П* устанавливается в положение *0*, а потенциометр R_5 в среднее положение. Погенциометр R_9 («установка нуля») регулируется таким образом, чтобы стрелка микроамперметра совпала с нулевым делением шкалы. Затем переключатель *П* переводится в положение $\times 1$. Происходящий при этом за счет темнового тока фотодиода разбаланс анодных токов ламп устраняется регулировкой потенциометра R_5 Движок потенциометра R_2 должен находиться в верхнем положении

Для совмещения шкал микроамперметра на двух диапазонах используется потенциометр R_7. Фотодиод *ФД* освещается так, чтобы стрелка микроамперметра отклонилась, например, на 60 делений шкалы при положении $\times 1$ переключателя *П* Затем переключатель устанавливается в положение $\times 3$, и регулировкой потенциометра R_7 стрелка микроамперметра отклоняется на 20 делений (при том же освещении), т е чувствительность прибора уменьшается в 3 раза.

После этого можно приступить к калибровке шкалы микроамперметра Для этого надо сделать пробный отпечаток на бумаге средней чувствительности, выбрав такой негатив, чтобы нормальное время выдержки было равно 3 *сек*. Убедившись, что при выдержке 3 *сек* действительно получается хороший отпечаток, фотодиод помещают в область наименьшей плотности негатива. Если отпечаток сделан на бумаге средней чувствительности, то потенциометр R_2 («бумага») устанавливают в среднее положение Стрелка микроамперметра при этом должна отклониться на всю шкалу. Если же отклонение стрелки прибора слиш-

ком велико, то необходимо установить большее соотношение чувствительностей прибора в двух диапазонах или поставить лампу с меньшим коэффициентом усиления. Выдержка, соответствующая крайнему правому положению стрелки прибора, равна 3 *сек*.

Благодаря линейной зависимости показаний экспонометра от освещенности дальнейшая градуировка прибора сводится к нахождению еще одной выдержки (например, 12 *сек*) описанным способом и последующей разбивке шкалы графическим путем. Если теперь взять более контрастный негатив и подобрать тип бумаги так, чтобы нормальная выдержка была равна 3 *сек*, то будет найдено положение потенциометра R_2 для этого типа бумаги. Так путем изготовления пробных отпечатков последовательно градуируется шкала «бумага». Очевидно, что первоначальная градуировка экспонометра требует большой затраты времени и терпения, однако результат вполне оправдывает эти затраты.

Описанный экспонометр очень удобен тем, что по его шкале измеряется непосредственно выдержка времени. Благодаря применению мостовой схемы прибор достаточно стабилен, а большая шкала микроамперметра позволяет производить точный отсчет показаний.

ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ С ТРАНЗИСТОРАМИ И ГАЗОРАЗРЯДНЫМИ ПРИБОРАМИ

Объединение в одном приборе электронного экспонометра и реле времени позволяет создать полуавтоматические и автоматические реле времени. В полуавтоматическом приборе установка выдержки времени производится вручную на основании показаний экспонометра или методом компенсации. В автоматическом реле времени операции определения освещенности и установки соответствующей выдержки осуществляются автоматически, и на долю фотолюбителя остается лишь введение коррекции, учитывающей тип используемой фотобумаги, и пуск реле

На рис 29 приведена принципиальная схема полуавтоматического реле времени, построенного на основе описанного выше электронного экспонометра с транзисторами (рис. 25) Сочетание транзисторов с газоразрядными приборами позволяет избежать серьезной опасности изменения характеристик усилителя постоянного тока при перегреве. Прибор отличается высокой чувствительностью, стабильностью в работе и компактностью.

Шкала микроамперметра μA проградуирована для удобства пользования в единицах времени и соответствует действительным выдержкам при работе с нормальной фотобумагой. В этом случае потенциометр коррекции R_{15} установлен в положение *0* сектора «нормальная» (рис. 30). В небольших пределах выдержка времени изменяется в обе стороны при установке потенциометра R_{15} в положение *+1* или *—1* сектора «норм». При работе с контрастной

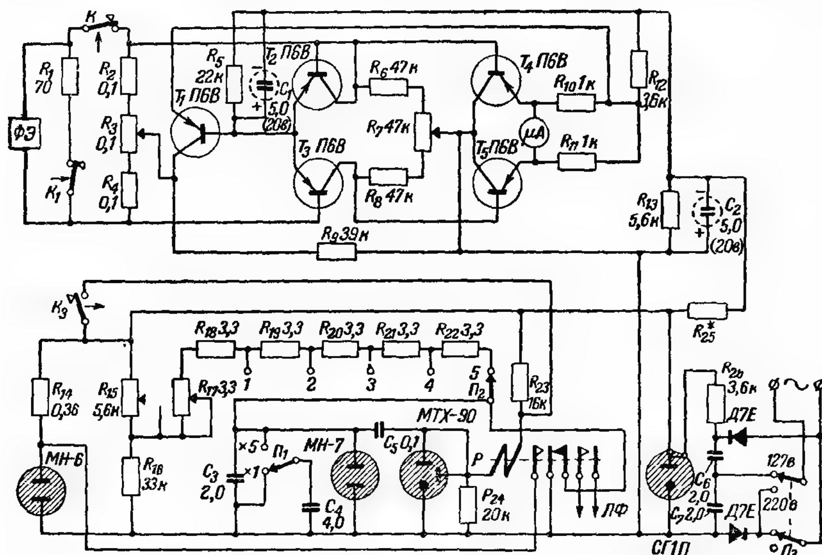


Рис. 29. Схема полуавтоматического реле времени. Сопротивление R_{25} подбирается при налаживании прибора.

или мягкой бумагой движок сопротивления R_{15} устанавливается соответственно в пределах секторов «контрастная» и «мягкая». Выдержка времени устанавливается по двум шкалам: ступенями через 10 *сек* переключателем $П_2$ и плавно в пределах каждых 10 *сек* переменным сопротивлением R_{17}.

Поправка, учитывающая качество негатива, вводится также с помощью переменного сопротивления R_{15}. Шкала лимба, укрепленного на оси этого потенциометра, проградуирована в относительных единицах, которым соответствуют деления шкалы коррекции микроамперметра.

Все детали прибора размещены на внутренней стороне лицевой панели, изготовленной из листа дюралюминия толщиной 2 *мм* со сторонами 140×140 *мм* (рис. 31). На лицевую панель выведены все органы управления. В качестве кожуха использован пластмассовый корпус пере-

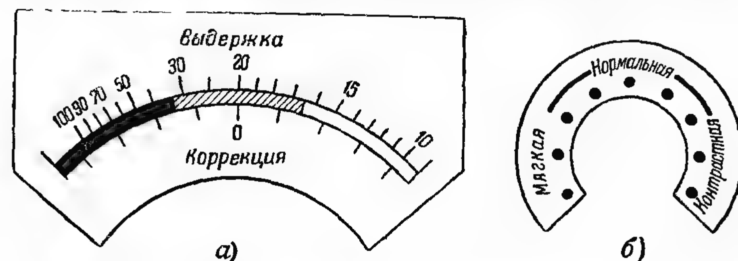


Рис. 30. Шкалы полуавтоматического реле времени.
а – шкала микроамперметра; *б* – шкала коррекции

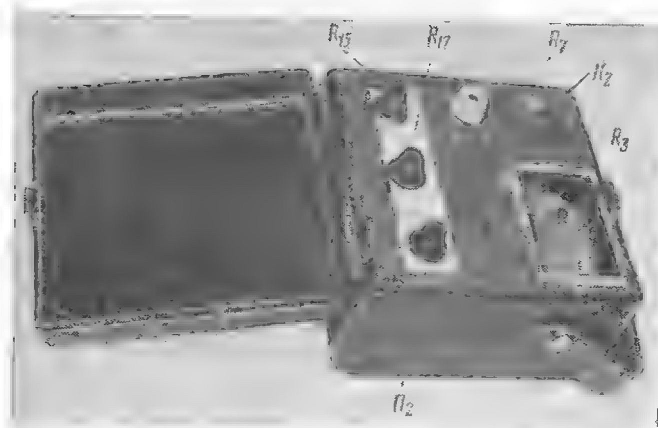


Рис. 31. Внешний вид полуавтоматического реле времени.

носного вольтметра типа ЭП-2. Задняя крышка корпуса, обычно укрепленная на винтах, заменена откидной крышкой. В пространство, образованное откидной крышкой и задней стенкой прибора, изготовленной из листа дюралюминия, убираются выносная коробка с фотоэлементом и сетевой шнур. На задней стенке расположены предохранитель и переключатель сетевого напряжения.

Фотоэлемент (типа УФ-101) и кнопки K_3 (пусковая) и K_1 (измерение освещенности) расположены в выносной коробке размерами 95×55×20 *мм*. Кнопка K_3 выполнена из оргстекла и подсвечивается неоновой лампой МН-6, являющейся индикатором готовности прибора к работе. В период отсчета выдержки времени неоновая лампа гаснет.

Шкалы времени и коррекции прибора (соответствующие переменным сопротивлениям R_{15} и R_{17} и переключателю $П_2$) также должны подсвечиваться неоновой лампой. Очень удобно их выполнить гравировкой на оргстекле. В этом случае подсветка неоновой лампой в торец пластинки от оргстекла почти не создает нежелательного света в фотолаборатории, а шкалы видны отчетливо.

ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ С УСТАНОВКОЙ ВЫДЕРЖКИ МЕТОДОМ КОМПЕНСАЦИИ

Очень удобен в работе прибор, в котором установка выдержки производится путем компенсации напряжения, пропорционального величине фототока, на выходе электронного экспонометра. Это освобождает фотолюбителя от необходимости считывания показаний индикатора экспонометра и последующей установки движка времязадающего сопротивления в положение, соответствующее измеренной освещенности. Эти две операции сведены в одну чрезвычайно простую операцию — установку ручки прибора в положение, при котором теневой сектор электронно-оптического индикатора минимален.

Измерение освещенности производится с помощью вакуумного сурьмяно-цезиевого фотоэлемента $Л_4$ (рис. 32). Падение напряжения на сопротивлении R_{10} нагрузки фотоэлемента, пропорциональное величине освещенности, изменяет смещение, а следовательно, и величину анодного тока лампы $Л_3$. Усиление этой лампы регулируется путем изменения напряжения на ее экранирующей сетке (потенциометром R_6).

Напряжение на управляющей сетке лампы $Л_3$ равно сумме падения напряжения на сопротивлении R_{10} за счет фототока и напряжения на движке потенциометра R_{11}, входящего в делитель напряжения питания. Величина напряжения на движке потенциометра R_{11} определяется соотношением величин сопротивлений R_{11}, R_{14} и R_{17}. Подбором величины переменного сопротивления R_{17} можно добиться того, что напряжение на движке потенциометра R_{11} будет

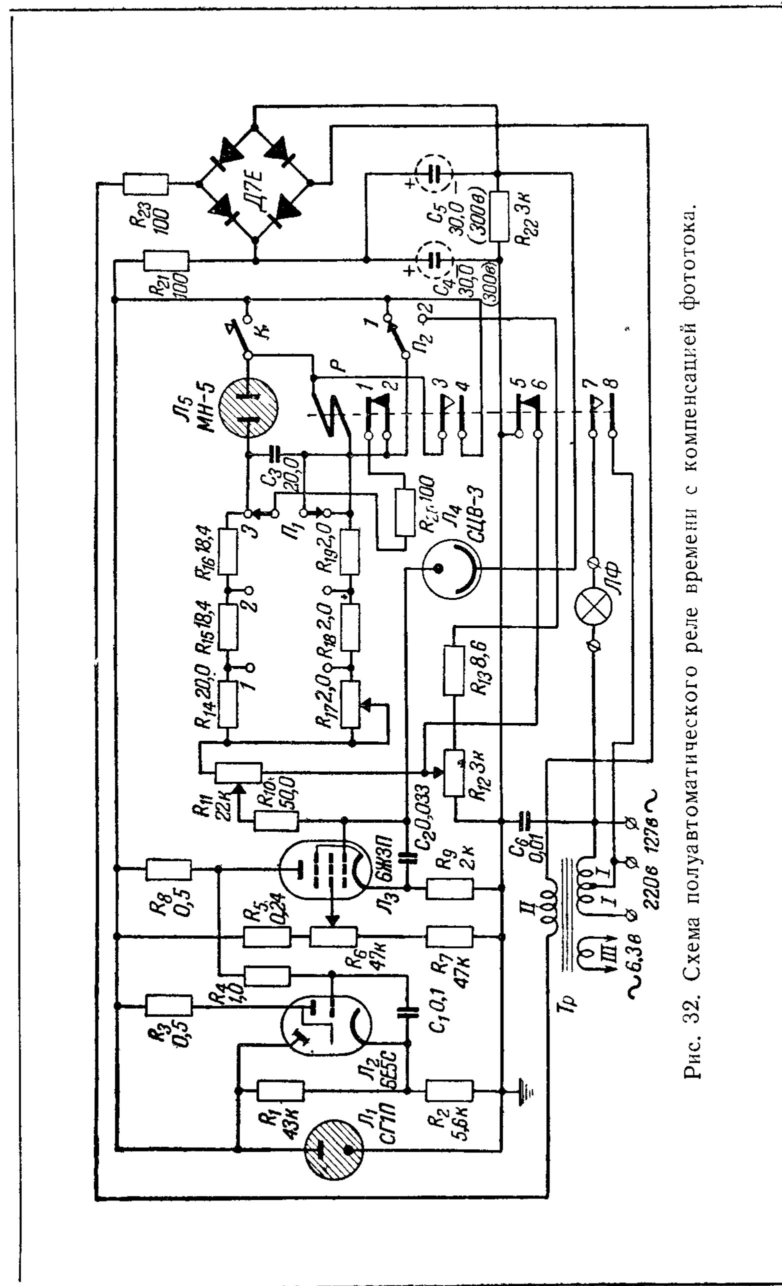


Рис. 32. Схема полуавтоматического реле времени с компенсацией фототока.

равно падению напряжения на сопротивлении R_{10}. А поскольку эти напряжения противоположны по знаку, то результирующее напряжение на управляющей сетке лампы $Л_3$ будет равно нулю и анодный ток лампы определится лишь величиной автоматического смещения на сопротивлении R_9.

Усиление лампы подбирается таким, чтобы при отсутствии сигнала напряжение на сетке электронно-оптического индикатора $Л_2$ было на 3 *в* меньше напряжения на его катоде. Теневой сектор индикатора при смещении —3 *в* уменьшается до нуля.

При изменении освещенности фотоэлемента сужение теневого сектора до нуля достигается изменением компенсирующего напряжения на движке потенциометра R_{11} путем регулировки величины сопротивления R_{17} Таким образом, величина сопротивления R_{17} пропорциональна освещенности фотоэлемента, если теневой сектор лампы $Л_2$ все время поддерживается минимальным

Эта особенность сопротивления R_{17} используется для автоматической установки выдержки времени в соответствии с освещенностью фотоэлемента. Для этого сопротивление R_{17} введено в зарядную цепь реле времени, состоящую из сопротивления R_{11}, потенциометра R_{12} и конденсатора C_3. Чтобы сопротивление R_{12} не влияло на определение освещенности, оно замкнуто контактами *5* и *6* реле *Р*. Потенциометр R_{11} используется для коррекции выдержки при работе с фотобумагой разной чувствительности.

Прибор работает следующим образом. При освещении фотоэлемента изменяется напряжение на аноде лампы $Л_3$ и теневой сектор электронно-оптического индикатора расширяется. Если регулировкой движка сопротивления R_{17} сузить теневой сектор до нуля, то постоянная времени зарядной цепи реле времени примет значение, пропорциональное величине освещенности. Реле времени готово к отсчету выдержки, когда переключатель $П_2$ будет установлен в положение *2* При нажатии на пусковую кнопку *К* через обмотку реле *Р* потечет ток. Величина тока ограничивается сопротивлением R_{13}. Контакты *1* и *2*, а также *5* и *6* реле разомкнутся, выключая сопротивления R_{14}, R_{15} и R_{16} из зарядной цепи и включая в нее сопротивление R_{12} Замыкающиеся контакты *7* и *8* включают лампу фотоувеличителя *ЛФ*, а контакты *3* и *4* блокируют пусковую кнопку. Когда напряжение на конденсаторе C_3 достигнет значения

напряжения зажигания неоновой лампы $Л_5$, ток разряда лампы компенсирует ток, протекающий через обмотку реле, контакты *7* и *8* разомкнутся, и лампа фотоувеличителя погаснет.

Диапазон выдержек времени, как и диапазон измерения освещенностей, разбит на три поддиапазона. Выбор их осуществляется переключателем $П_1$. В положении *1* этого переключателя изменением сопротивления R_{17} могут быть установлены выдержки от 0,5 до 60 *сек*, в положении *2* — от 60 до 120 *сек* и в положении *3* — от 120 до 180 *сек*. В случае применения переменного сопротивления R_{17} с линейной зависимостью сопротивления от угла поворота движка (группа А) шкала будет линейной. На оси сопротивления R_{17} укрепляется проградуированный в единицах времени лимб, что позволяет использовать реле времени и без экспонометра. Сопротивлениями R_{14}, R_{15} и R_{16} осуществляется коррекция характеристик экспонометра, так что закон, по которому увеличиваются выдержки с уменьшением освещенности, соответствует закону равных потемнений фотобумаги при изменении освещенности.

Переключатель рода работы $П_2$ имеет два положения: *1* — «освещенность» и *2* — «время». Установка нуля производится потенциометром R_6 при втором положении переключателя $П_2$.

В приборе применено телефонное реле типа РКМ с током срабатывания 10 *ма*, однако вместо него может быть поставлено и любое другое реле с достаточным количеством контактов и током срабатывания не больше 12 *ма*. Полупеременное проволочное сопротивление R_{12} позволяет регулировать в небольших пределах выдержку времени, что используется для точной подгонки шкалы выдержек во время настройки прибора.

Силовой трансформатор *Тр* можно взять от радиоприемника или изготовить самому. Сечение сердечника трансформатора должно быть не меньше 6 *см²* При этом обмотка *I* должна состоять из 1 100+1 170 витков провода ПЭВ 0,21, обмотка *II* — из 2 200 витков ПЭВ 0,15 и обмотка *III* (для накала ламп) — из 66 витков ПЭВ 0,6.

Прибор может быть смонтирован как в отдельном пластмассовом или металлическом ящике, так и в столике фотоувеличителя. В последнем случае ручки управления и экран электронно-оптического индикатора выводятся на переднюю стенку столика.

Фотоэлементом измеряется освещенность проектируемого изображения в наиболее светлой части негативного изображения. Помещается фотоэлемент в закрытой коробке, имеющей отверстие диаметром 6 *мм* против фотокатода.

Основными преимуществами описанного прибора являются предельная простота установки выдержки, минимальное количество необходимых ручных операций и довольно большая точность и стабильность Однако прибор сложен в налаживании.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ, РАБОТАЮЩЕЕ НА ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ

В приборе, схема которого показана на рис. 33, измерение освещенности светочувствительного слоя фотобумаги, пересчет результата измерения в значение выдержки и отсчет выдержки времени осуществляются автоматически.

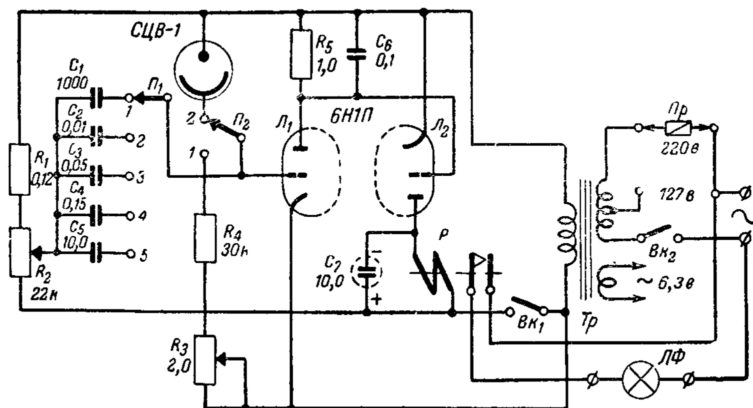


Рис. 33. Схема автоматического реле времени.

Вручную производятся лишь введение коррекции и пуск реле времени для отсчета выдержки.

В положении *1* («реле») переключателя $П_2$ схема работает как обычное реле времени. При этом переключатель $П_1$ должен быть в положении *5*. После включения прибора в электросеть выключателем $Вк_2$, происходит заряд конденсатора C_5 через сопротивления R_1, R_2 и промежуток сетка — катод лампы $Л_1$ до напряжения источника питания. Последним является вторичная обмотка силового трансформатора *Тр*, переменное напряжение на которой прикладывается к зарядной цепи. Промежуток сетка — катод лампы выполняет роль диода, выпрямляющего ток заряда, поэтому конденсатор зарядной цепи заряжается до амплитудного значения этого напряжения.

Для пуска реле времени замыкаются контакты выключателя $Вк_1$. Левая (по схеме) обкладка конденсатора через сопротивление R_2 оказывается соединенной с катодом лампы $Л_1$. Так как в результате заряда к этой обкладке оказался приложенным большой положительный потенциал, лампа запирается, и анодный ток через нее прекращается. Падение напряжения на сопротивлении анодной нагрузки R_5, выполняющее роль смещения для лампы $Л_2$, становится равным нулю, и лампа $Л_2$ открывается. Протекание анодного тока этой лампы через обмотку реле *Р* вызывает его срабатывание. Контакты реле замыкаются, включая лампу фотоувеличителя *ЛФ*. Чтобы якорь реле не колебался при протекании через обмотку пульсирующего анодного тока, последняя шунтируется конденсатором C_7

Время разряда конденсатора C_5, определяющее выдержку, зависит от величины сопротивления R_3 и может регулироваться в пределах от 1 до 100 *сек*. По мере разряда конденсатора через сопротивления R_3 и R_4 отрицательное смещение на сетке лампы $Л_1$ будет уменьшаться до тех пор, пока в анодной цепи лампы не потечет ток. Тогда лампа $Л_2$ запирается напряжением на сопротивлении R_5, реле обесточится и лампа фотоувеличителя выключится. Для повторного запуска выключатель $Вк_1$ должен быть предварительно разомкнут.

Если переключатель $П_2$ перевести в положение *2* («автомат»), т. е. в сеточную цепь лампы $Л_1$ включить фотоэлемент, то разряд конденсатора будет происходить не через цепь из сопротивлений R_3 и R_4, так как она окажется разомкнутой, а через фотоэлемент. Фототок, пропорциональный освещенности фотоэлемента, будет одновременно являться разрядным током конденсатора в период отсчета выдержки. Чем больше освещенность, тем больше фототок, тем быстрее разрядится конденсатор и меньше будет выдержка.

Корректировать выдержку в зависимости от типа используемой фотобумаги при автоматической работе можно скачкообразно с помощью переключателя $П_1$ («бумага»). Регулировкой потенциометра R_3 также можно изменять выдержку примерно в 2 раза. Эта коррекция использует-

ся для учета контрастности негатива, так как фотоэлемент измеряет лишь интегральную освещенность. Необходимо отметить, что в процессе экспонирования фотобумаги прибором осуществляется автоматическая коррекция выдержки при изменении яркости лампы фотоувеличителя.

В приборе могут быть применены любое реле средней чувствительности и силовой трансформатор *Тр* от радиовещательного приемника.

Фотоэлемент располагается в небольшом софите и крепится к стойке фотоувеличителя так, чтобы фотокатод был направлен на экспонируемую фотобумагу.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ С ЭКСПОНОМЕТРОМ, ИЗМЕРЯЮЩИМ ОСВЕЩЕННОСТЬ ОГРАНИЧЕННОГО УЧАСТКА КАДРА

Приведенная на рис. 34 схема позволяет производить измерение освещенности небольшого участка сюжетно важной части кадра в месте наименьшей плотности нега-

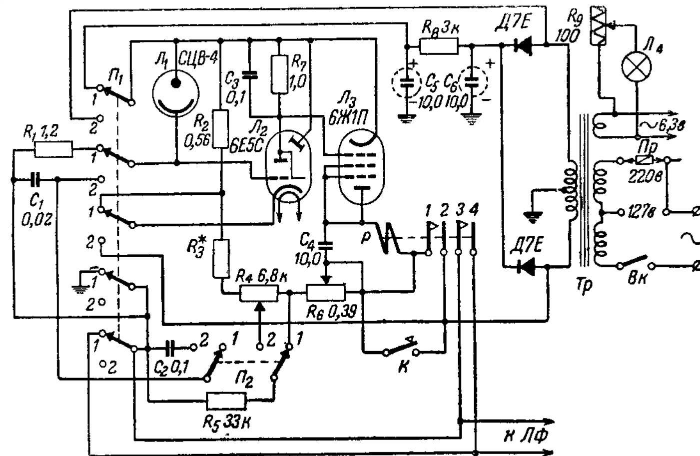


Рис. 34. Схема автоматического реле с измерением освещенности ограниченного участка кадра.

тива, что в значительной степени повышает точность определения экспозиции.

Длительность выдержки меняется от долей секунды до 2,5—3 *мин* в зависимости от плотности негатива и качества бумаги.

Для измерения освещенности выбранного участка кадра переключатель $П_1$ устанавливается в положение *1*. При

этом в электросеть включается лампа фотоувеличителя *ЛФ*. Вакуумный фотоэлемент $Л_1$ помещается на столике фотоувеличителя под выбранной частью негативного изображения, и изменением положения движка переменного сопротивления R_6 затемненный сектор электронно-оптического индикатора $Л_2$ сводится до нуля. Угол поворота движка переменного сопротивления пропорционален освещенности фотоэлемента. Однако для того, чтобы теперь сделать отпечаток, фотоэлемент должен быть убран со столика и на его место положена фотобумага. В этом случае коррекция выдержки при изменении напряжения питания не может быть произведена во время печати, что неизбежно вызовет ошибку экспозиции.

Для автоматического введения коррекции выдержки во время печати фотоэлемент располагается против электрической лампы $Л_4$, ток накала которой регулируется переменным сопротивлением R_9. Величина этого сопротивления подбирается такой, чтобы освещенность фотокатода $Л_1$, освещаемого лампой $Л_4$, равнялась замеренной ранее освещенности участка кадра. Тогда теневой сектор индикатора $Л_2$ опять уменьшится до нуля (при неизменном положении движка потенциометра R_6). При колебаниях напряжения электросети яркость лампы фотоувеличителя изменяется в такой же степени, как и яркость лампы $Л_4$ Значит, изменение создаваемой лампой $Л_4$ освещенности фотоэлемента приведет к изменению скорости разряда конденсатора, входящего во времязадающую цепь, и, следовательно, выдержки

Для отсчета выдержки переключатель $П_1$ устанавливается в положение *2*. В результате коммутации лампа фотоувеличителя выключается, верхняя по схеме шина питания присоединяется непосредственно ко вторичной обмотке силового трансформатора, а в цепь сетки лампы $Л_2$ включается разрядный конденсатор C_1. Лампа $Л_2$ работает в качестве триода — усилителя постоянного тока, и схема лишь незначительно отличается от схемы на рис. 33. При нажатии пусковой кнопки *К* замыкаются контакты *3* и *4* реле *Р*, включающие лампу фотоувеличителя, и контакты *1* и *2*, блокирующие пусковую кнопку, и начинается отсчет выдержки.

При работе с негативами большой плотности освещенность фотоэлемента мала и угол раствора теневого сектора равен нулю при любом положении движка потенциометра R_6. Для повышения чувствительности индикатора пере-

ключатель $П_2$ ставится в положение 2 и определение момента, когда теневой сектор становится равным нулю, производится регулировкой положения движка потенциометра R_4. Одновременно с этим увеличивается постоянная времени разрядной цепи, так как параллельно конденсатору C_1 подключается конденсатор C_2. Величина сопротивления R_3 подбирается при градуировке прибора.

Необходимость предварительного измерения освещенности кадра для каждого нового негатива и вызванное этим большое количество ручных операций, несомненно, следует отнести к недостаткам этого прибора. Однако высокая точность определения экспозиции, обусловленная выбранным методом измерения, оправдывает применение описанного прибора в тех случаях, когда приходится делать большое количество отпечатков с одного негатива.

Необходимо заметить, что создание автоматического реле времени, требующего минимального количества ручных операций при работе, встречает ряд трудностей конструктивного характера. Обычно труднее всего бывает решить вопрос о размещении фотоэлемента таким образом, чтобы в течение всего периода работы на его фотокатод падала часть светового потока, проходящего через негатив. Проще всего оказывается закрепить фотоэлемент так, чтобы на него падал свет, отраженный от фотобумаги. Однако такой путь позволяет создать лишь приборы, измеряющие интегральную освещенность кадра. К тому же световой поток в этом случае очень мал, что равносительно потере прибором чувствительности. Для измерения же освещенности ограниченного участка кадра в течение всего времени работы этот способ мало пригоден.

С этой точки зрения метод непрерывного измерения освещенности, примененный в описанной выше схеме, представляет несомненный интерес

Заключение

Обычно наиболее сложным вопросом при постройке реле времени является выбор схемы, потому что каждый радиолюбитель или фотолюбитель обязательно хочет сделать самый хороший прибор. Однако такой прибор обычно бывает и самым сложным и самым дорогим. Поэтому при выборе схемы нужно прежде всего трезво оценить, насколько важен тот или иной недостаток простейшего прибора и

действительно ли есть необходимость устранить его ценой усложнения схемы.

Придерживаясь этого принципа, попробуем определить области применения рассмотренных приборов и основные факторы, которыми должен руководствоваться радиолюбитель или фотолюбитель при выборе схемы прибора.

При работе с черно-белыми материалами могут с успехом быть применены самые простые из описанных приборов. Все они отличаются небольшим количеством элементов и простотой схемы Изготовление, наладка и градуировка таких приборов доступны даже тем, кто раньше не занимался радиолюбительством.

При работе с цветными фотоматериалами точность измерения и отсчета выдержки времени должна быть значительно выше той, которую могут обеспечить простые приборы. Это заставляет идти на усложнение схемы. Для настройки таких приборов обычно приходится использовать некоторую измерительную аппаратуру, а процесс градуировки их довольно сложен. Тем не менее для оснащения лаборатории фотолюбителю, работающему с цветными фотоматериалами, может быть рекомендован выбор одного из этих приборов. Необходимо отметить, что удачным в этом отношении является ламповое реле времени для фотопечати, отличающееся большой точностью отсчета и универсальностью. Схема этого реле времени проста (рис. 15), а конструкция его компактна.

Особое внимание должно быть уделено полуавтоматическим реле времени, удобным в работе и дающим высокую точность экспозиции. Очевидно, что градуировка полуавтоматического реле времени и сопряжение шкал освещенности и выдержки времени являются весьма сложной и кропотливой работой, требующей большой затраты времени, производства большого количества пробных отпечатков и достаточной квалификации радиолюбителя не только в области радиотехники, но и в фотографии.

Автоматические реле времени, описанные в данной брошюре, имеют один общий недостаток, связанный с тем, что они учитывают лишь интегральную освещенность экспонируемой фотобумаги, а это приводит к значительным ошибкам в определении и установлении экспозиции. Чувствительность автоматических реле времени, как правило, ниже чувствительности приборов, измеряющих освещенность на участке наименьшей плотности негативного изображения. Вследствие этого применение автоматиче-

ских реле времени наиболее эффективно при печати с негативных материалов, характеризующихся сравнительно равномерной плотностью в кадре, в частности, при изготовлении репродукций с чертежей, схем или печатных текстов. Для цветной печати автоматические реле времени также пригодны в силу того, что сравнительно небольшая световая плотность, характерная для цветного негативного изображения, способствует уменьшению ошибки в экспозиции, определенной методом измерения интегральной освещенности. Регулировка автоматического реле времени достаточно сложна, и ее может успешно осуществить лишь подготовленный радиолюбитель.

В приборе, предназначенном для работы с цветными фотоматериалами, особое внимание должно быть уделено выбору фотоэлемента. Если спектральная чувствительность фотоэлемента, применяемого для определения освещенности черно-белой фотобумаги, может быть ограничена небольшим участком в области чувствительности глаза, то для получения правильных результатов при цветной печати спектральная чувствительность применяемого фотоэлемента должна соответствовать характеристике глаза.

И, наконец, выбор схемы должен определяться материальными возможностями радиолюбителя. Учитывая это, в книге описаны схемы, в которых одни и те же функции выполняются различными элементами. В результате радиолюбитель имеет возможность выбрать схему с наиболее доступными для него элементами.

Мне всегда нравились старые, сильно потрёпанные книжки. Потрёпанность книги говорит о её высокой востребованности, а старость о вечно ценном содержании. Всё сказанное в большей степени касается именно технической литературы. Только техническая литература содержит в себе ту великую и полезную информацию, которая не подвластна ни политическим веяниям, ни моде, ни настроениям! Только техническая литература требует от своего автора по истине великих усилий и знаний. Порой требуется опыт целой жизни, чтобы написать небольшую и внешне невзрачную книгу.

К сожалению ни что не вечно в этом мире, книги треплются, разваливаются на отдельные листы, которые затем рвутся в клочья и уходят в никуда. Плюс ко всему орды варваров, которым без разницы, что бросить в костёр или чем вытереть свой зад. Именно их мы можем благодарить за сожженные и растоптанные библиотеки.

Если у Вас есть старая книга или журнал, то не дайте им умереть, отсканируйте их и пришлите мне. Совместными усилиями мы можем создать по истине уникальное и ценное собрание старых технических книг и журналов.

Сайт старой технической литературы:

http://retrolib.narod.ru